

데시칸트 제습기 개발 현황

박 승 태

(주)에이티이엔지(stpark1542@naver.com)

머리말

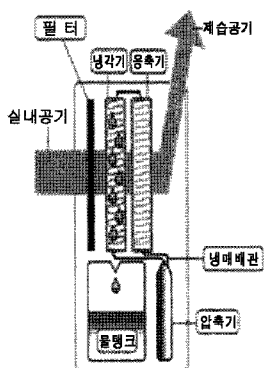
세계는 1990년 들어서서 CFCs 절감목적으로 데시칸트 제습냉방기를 개발하여 보급하고 있으며 데시칸트제습기의 용도가 산업용에서 벗어나 공조용으로의 도입이 두드러지고 있으나 국내에서는 10년 이상의 데시칸트제습에 관련된 개발 현황이 거의 없다고 하여도 지나치지 않으나 2004년 설립한 당사에서는 이 데시칸트 제습시장이 커질 것이라는 확신을 가지고 지속적으로 개발에 임하고 있으며 지금부터 세계수준과 동등 이상의 제품들이 출시되어 저탄소녹색제품으로 사용자들로부터

더 각광받기를 기대한다.

제습기개요

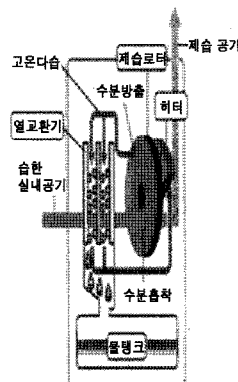
제습기는 일반적으로 제습원리에 의해 분류되어 있고, 다음과 같이 된다. 그림 1에 간단하게 나타낸다.

- 1) 냉각식제습기
 - 냉각식, 폐열이용 냉각식, 열회수 냉각식, 저노점 냉각식
- 2) 데시칸트 제습기
 - 회전형 고체흡착식
 - 액체흡수식
- 3) 하이브리드 제습기



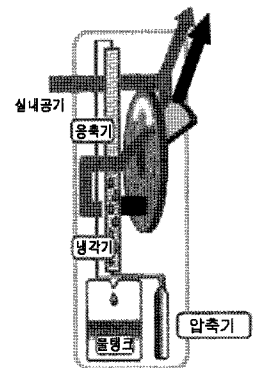
- 기온이 내려가면 제습능력 저하
- 실내온도 상승이 적다

a) 압축기 방식



- 저온시 제습능력 저하가 적다
- 실내온도 상승이 크다

b) 데시칸트 방식



- 저온시 제습능력 저하가 적다
- 실내온도 상승이 적다

c) 하이브리드 방식

[그림 1] 제습원리에 따른 종류

제습기의 종류

(1) 냉각식제습기

이 방법은 널리 이용되고 있는 방식으로, 습한 공기를 그 노점온도 이하까지 냉각하는 것으로 제습이 이루어진다. 그림 2은 냉각제습기 내에 있어서 공기의 상태를 보여준 것이다. T_a, T_b, T_s 는 코일의 표면온도이고, T_r 는 냉매의 온도이다. 이때의 제습 수분량은 $x_1 - x_2$ 이다. 코일 표면온도는 냉매온도, 공기온도, 코일구조 등에 의해 정해지지만, 제습공기의 노점온도는 이 코일 표면온도에 의해 좌우된다.

따라서 제습공기의 노점온도는 코일 표면온도(실제로는 냉매온도)를 제어하는 것으로 정해진 노점온도로 제어할 수 있다. 냉각제습기는 폐열이용 냉각제습기, 열회수형 냉각제습기과 저노점형 냉각제습기로 나뉜다.

1) 폐열이용 냉각제습기(그림 3 ~ 4 참조)

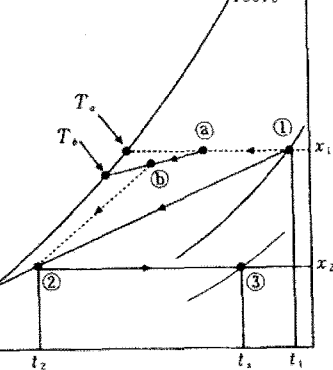
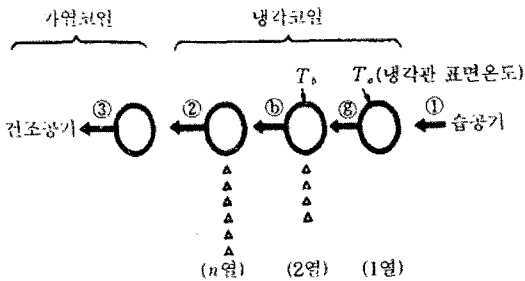
일반적인 냉각제습기로 하나의 냉동기를 이용하여 일체형 장치로 하여 증발기에서 냉각제습

을 하고 응축기에서 재열하여 급기하는 방식으로 압축기, 응축기, 팽창밸, 증발기, 송풍팬, 응결수통으로 구성되어 있다. 노점온도 10℃ 이상에서 표준형으로 사용하고 있으며 공간내 온도가 15℃ 이하에서는 동작이 안 되도록 대개의 제습기는 안전장치로 하여 되어 있으며 공간온도보다 급기온도는 5℃ 이상 상승하게 되어 상대습도를 낮추는 것이 효과적이다.

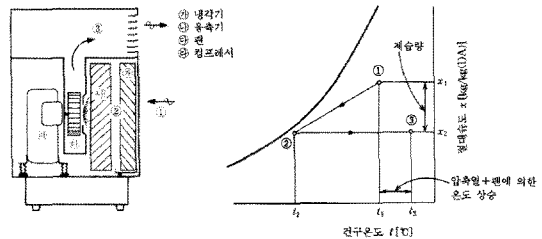
산업용에 있어서는 온도제어가 필요할 때에는 별도의 실외기(응축기)를 두어 두 대의 응축기로 재열이 필요시에는 냉각제습기측의 응축기를 사용하고 공간내 온도가 높아지면 실외기에서 응축열로 배출한다.

2) 열회수 냉각제습기(그림 5 참조)

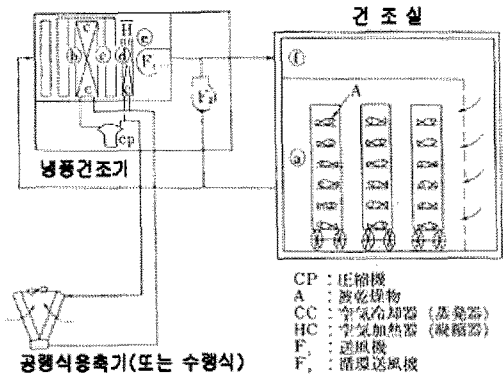
제습공기의 노점온도가 7.2℃ 이상의 제습기로, 구조는 일반 공조용 공조기와 냉동기를 일체화한 아주 대중화된 것이다. 냉각기는 에너지절약



[그림 2] 냉각제습 공기상태



[그림 3] 폐열이용(Recovery) 냉각제습기



[그림 4] 산업용 폐열 냉각제습기(실외기 추가)



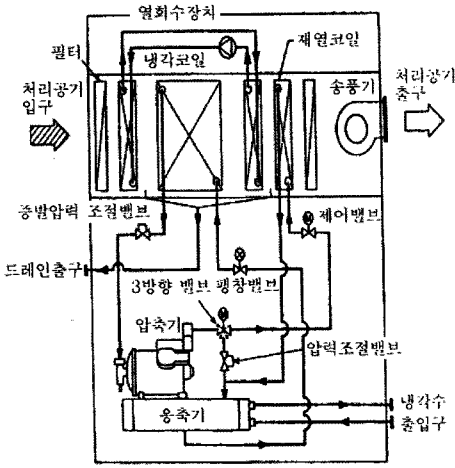
과 콤팩트화한 측면에서 직팽식이 많다. 재열코일의 가열원으로는 압축기의 냉매 토출가스를 이용하든지, 수냉응축기의 냉각수를 이용하고 있다. 제습공기의 출구온도는 이 재열량을 제어함으로써 소정의 온도로 제어할 수 있다.

그림 5에서의 열회수 장치는, 처리공기의 출입구 온도차를 이용하여 열회수를 하는 장치이다. 열회수는 냉각코일 전후에 열교환기를 설치하고 열매체(통상 부동액, 브라인 등)를 순환함으로써 이루어진다. 이것을 공기선도로 보여준 것이 그림 6이고, 처리공기는 a-b로 예냉되고, c-d로 재열된 결과, 냉동기에 의한 냉각열량 $h_a - h_c$ 는 $h_b - h_c$ 로 줄일 수 있다. 이 열회수 장치는 처리공기의 냉각코일 출입구 온도차가 큰 경우에 유효하다. 또 냉각코일 출입구 온도차가 크게 되어도, 제습공기를 저온상태로 취출하고자 하는 경우에는 사용할 수 없는 것도 있다.

열회수 장치로는 냉수코일형태와 히트파이프, 크로스타입 현열교환기 이용이 가능하다.

▷ 열회수 냉각제습기의 특징

- 제습 외에 냉각도 가능하고, 출구공기 온도는 임의로 제어할 수 있다.
- 설비비, 운전비 둘 다 저가이다.
- 제습공기의 노점온도가 7.2℃ 이하인 경우에는 사용할 수 없다.



[그림 5] 열회수 냉각제습기

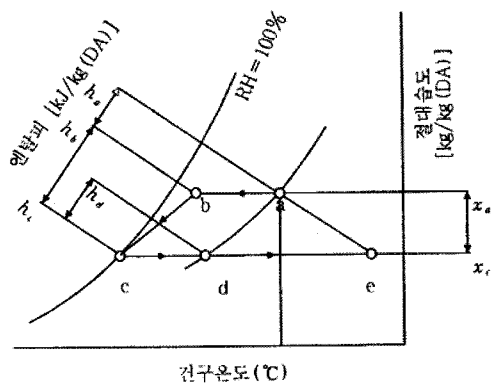
- 전원공급만으로 장치의 운전이 가능하다.(단기 수냉식 응축기의 경우는 냉각수가 필요)
- 공냉식 응축기의 경우는 동계에는 난방도 할 수 있다, 보수가 용이하다.

3) 저노점형 냉각제습기

냉각식 제습기에서는 노점온도 7.0℃ 이하로 되면 냉각코일의 표면이 착상하여 저노점의 공기를 만들 수 없게 된다. 이 점을 개량하여 연속적으로 저노점의 공기를 만들어낼 수 있도록 한 것이 이 타입이다. 여러 대의 냉각코일을 가지고, 코일에 착상량이 증가하면 자동적으로 다음 코일로 바뀐다. 착상코일은 제상장치에 의해 제상되어, 연속적으로 제습을 할 수 있다. 냉각코일을 바꿀 때 처리 공기의 온습도 변동은 전환밸브, 냉매 전환밸브 등의 타이밍을 고려함으로써 상당히 작아지게 된다.

제상장치는 전열식(電熱式)이나 냉매 핫가스(hot gas)식이 사용되고 있고, 착상코일 전후의 댐퍼를 닫아, 밀폐공간에서 제상한다. 따라서 댐퍼는 전혀 누설되지 않는 것이 요구되며, 또 댐퍼 블레이드의 접촉부분은 얼음이 얼지 않도록 하는 대책이 필요하다.

※ 저노점형 냉각제습기에 있어서는 실험용, 소형에서 적용하고 있으며 데시칸트제습에 의해 저습을 쉽게 만들고 운전되기 때문에 현재는 그다지 채용하지 않는다.



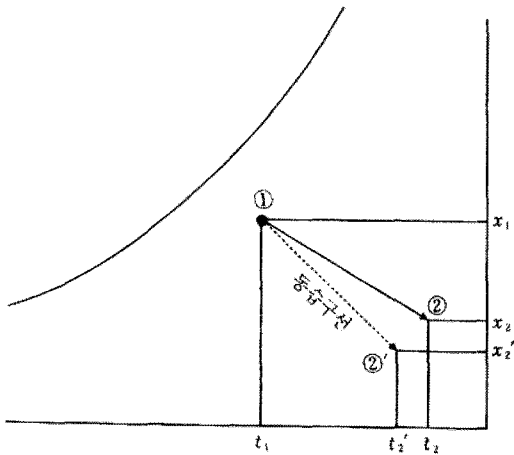
[그림 6] 열회수 설명

(2) 데시칸트(Desiccant) 제습기

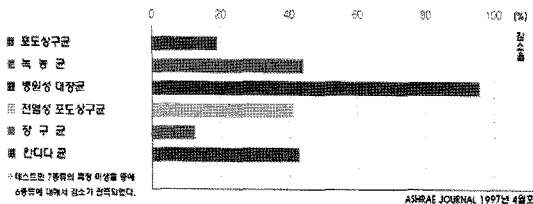
실리카겔이나 활성 알루미늄 등의 건조제가 흡착하는 현상을 이용하여 제습을 하고, 이러한 건조제(흡착제)를 사용하는 제습방식을 데시칸트 제습이라 한다. 흡착현상은 다공질 물질의 모세관 내에서 일어나는 것으로 활성탄에 의한 탈취도 이 현상에 의한 것이다.

데시칸트 제습에 있어서 처리 공기의 변화를 그림 7에서 보여준다. 수증기가 응축할 때 응축열이 발생하지만, 흡착현상은 응축할 때 분자 사이에 인력보다도 더욱더 큰 힘이 흡착제 표면에서 작용하여, 응축열보다 큰 열이 발생한다. 이것을 흡착열이라 하고, 응축열의 1.5 ~ 2배 정도가 된다.

따라서 공기의 온도는 등습구선을 따라 t_1 에서 t_2' 으로 상승하지 않고, t_2 로 된다. 이때의 제습수분량은 $x_1 - x_2$ 이다.



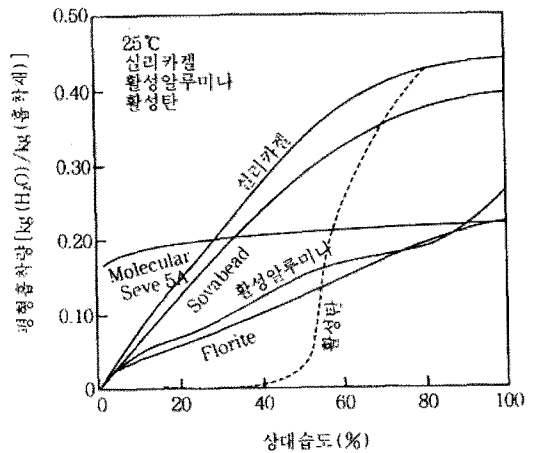
[그림 7] 데시칸트 제습



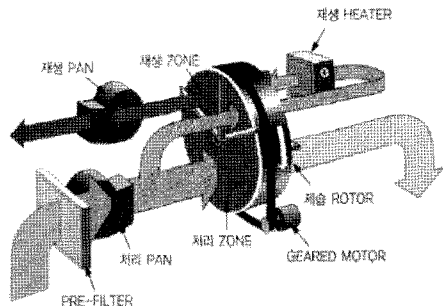
[그림 9] 특정미생물 감소율(제습로터 입·출구간)

1) 데시칸트 제습기(그림 11 ~ 12 참조)

데시칸트 로터는 세라믹으로 성형된 벌집(허니컴) 구조로 되어 있어 내구성이 강하고 반영구적이며, 내부에는 강력한 흡착제인 실리카겔 및 제올라이트와 세라믹 소재로 되어 있다. 또한 이 로터는 저속(10 ~ 40 RPH)으로 회전되며, 처리공기와 재생공기가 서로 역방향으로 흐르면서 제습작용을 하며, 외부의 다습한 공기는 데시칸트로터의 처리부를 통과하면서 수분이 제거되어 데시칸트로터의 지름 단면의 3/5이 제습 구역, 1/5이 재생 구역, 나머지 1/5가 퍼지구역으로 그림과 같이 되어 있다. 퍼지부를 두는 것은 열회수 냉각제습기와 같이 프리쿨링과 프리히팅을 하여 기존 데시칸트제습기(처리:재생=3:1)에 비해 에너지



[그림 8] 각종 흡착제의 수분 흡착량

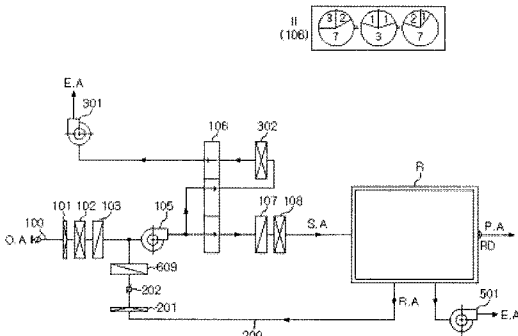


[그림 10] 퍼지형 데시칸트 제습기

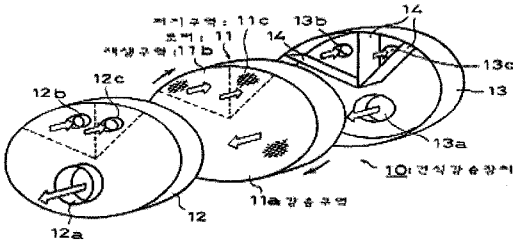


절감을 30% 이상하고 있으며 이는 1980년부터 해외에서는 사용하고 있는 방법이었다. 이때, 수분을 다량 흡수한 처리부의 데시칸트 로터표면은 회전에 의하여 재생부로 이동되며, 퍼지부를 통과한 재생공기는 재생부에서 고온의 재생에 의한 데시칸트 로터와 열교환하여 재생공기의 온도는 올라가고 데시칸트 로터온도는 낮아져 제습기의 후단쿨러 용량을 절감시켜주는 것과 재생온도가 올라가 재생열원을 절감시켜주는 것에 의해 에너지절약이 가능하다. 재생부에서는 증기 또는 전기를 열원으로 재생용 공기를 (120 ~ 180℃) 정도의 고온으로 가열하여 로터를 통과하면 이 고온의 공기에 의해 처리부에서 올라온 재생부의 다습한 로터표면은 원래의 건조 상태가 되어 처리부로 다시 이동한다.

이와 같은 경로로 로터가 제습처리와 재생작업을 연속적으로 해주기 때문에 어떠한 상황에서도 제습이 가능하다. 재생공기의 온도를 변화시킴으로써 임의의 노점 온도를 얻을 수 있다.



[그림 11] 저노점(-70℃) 데시칸트 제습기흐름도



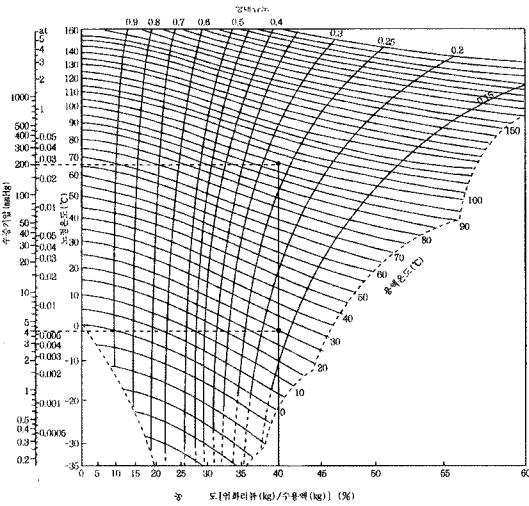
[그림 12] 3단초저노점(-100℃) 데시칸트로터 구성

▷ 데시칸트 제습기의 특징

- 흡착제를 사용하기 때문에 비산이 없고 제습 효과가 크다, 전환 쇼크가 없다, 운전비가 싸다.
- 제습공기의 노점 온도가 +10 ~ -60℃ 부근에서는 설비비적으로 유리하다, 보수가 용이하다.
- 저습도의 경우 재생온도가 높아진다.

2) 저노점 데시칸트 제습기(그림 13 ~ 14 참조)
최근 첨단기술 산업분야에 있어서 저노점 공기를 필요로 하는 생산 공장이 증가하고 있고, 이에 따른 공조 설비 수요가 많아지고 있다. 저노점 공기를 필요로 하는 생산 공정을 크게 분류하면 아래와 같다.

- ① 제품제조시 품질 향상을 목적으로 하여 제조 공정을 저노점 공기조건으로 유지한다. - Dry room
 - ② 제품의 보관과 조절을 목적으로 하여, 소공간을 저습 공기조건으로 유지한다. -Dry Box
 - ③ 고온에서 저온으로 가는 기상조건을 재현하고, 여러 가지 시험을 한다. - 환경시험실.
- 어느 것이나 저습 공기를 발생시키는 공조 설비가 요구되는 것이다.
그렇지만, 이 저습공기를 발생시키는 공조 설비는 일반 공조 설비와 비교하면 설비비, 운전비 들



[그림 13] 염화리튬 수용액 평형선도

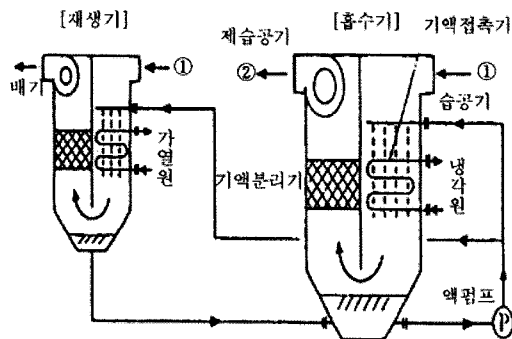
다 대폭적으로 상승한다는 것은 부정할 수 없다.

따라서, 어떠한 방법으로 저비용, 저에너지로 저노점 발생 설비를 설계하는지가 과제이고 목표이다

(3) 액체흡수식 데시칸트 제습기

흡수식 제습은, 흡습성 수용액을 습한 공기와 접촉시켜 공기 중의 수분을 흡수하여 제습을 하는 방식이다. 흡습제에는 염화리튬이나 트리 에틸렌글리콜 등이 자주 사용되고 있다.

그림 13은 염화리튬 수용액의 평형상태도이다. 이 그림 13에서 40% 농도의 액은 25℃의 평형 증기압은 4.0 Pa(4.0 mmAq)이고, 상당노점온도는 -2℃이다. 습한 공기가 이 액과 완전 접촉하면, -2℃의 노점온도까지 제습을 할 수 있게 된다. 이것은 액의 농도와 온도를 결정함으로써 임의의 노점온도를 얻을 수 있다는 것이다.



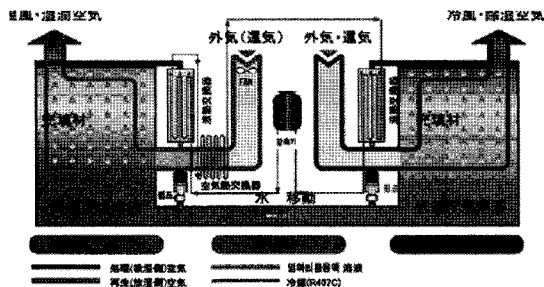
[그림 14] 흡수식 데시칸트제습기

흡수식 제습기를 그림 14에서 나타낸다. 습한 공기는 흡수액 평형선에 가까운 노점온도까지 제습되지만, 수분 흡수시에 응축열보다도 조금 많은 정도의 흡수열이 발생하여, 거의 등습구선을 따르는 점이 출구 공기로 된다.

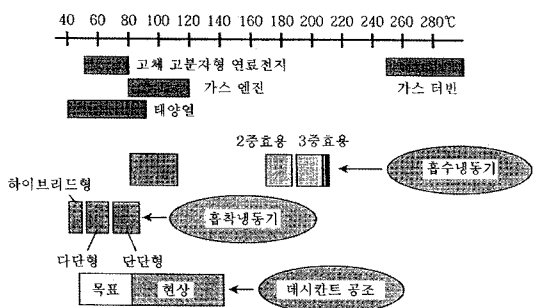
흡수식 제습기는 흡수제를 액체로 사용하든지, 결정상태로 사용하는가에 따라서 습식과 건식으로 분류할 수 있다.

제습기는 제습 조작을 하는 흡수기와 물계 되어가는 수용액을 농축하는 재생기로 되어 있다.

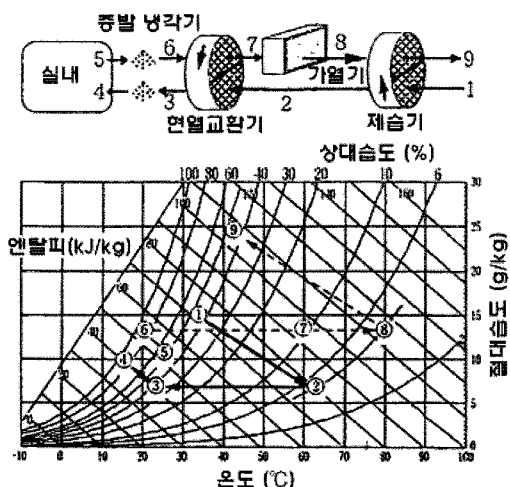
습한 공기는 흡수기로 들어가, 기액(氣液)접촉기에서 흡수액과 접촉하면서 수분을 뺏기게 된다. 동시에 여기에서 발생하는 흡수열도 제거된다. 제습된 공기는 기액분리기에서 공기 중의 미스트를 분



[그림 15] 열펌프 흡수식 데시칸트제습기



[그림 16] 각종열원온도 레벨과 열구동형 냉동·공조 프로세스의 작동온도 범위



[그림 17] 2로터 데시칸트공조기 흐름도 및 공기선도



리하여 토출시킨다.

연속적으로 제습을 하기 위해서는 수용액의 농도를 일정하게 유지할 필요가 있고, 수용액의 일부는 흡수기에서 재생기로 보내진다. 여기에서 수용액은 가열되고 액의 평형수증기압이 높아져, 재생기의 접촉기에서 액으로부터 재생 공기로 수분 이동이 생겨 액체가 농축된다.

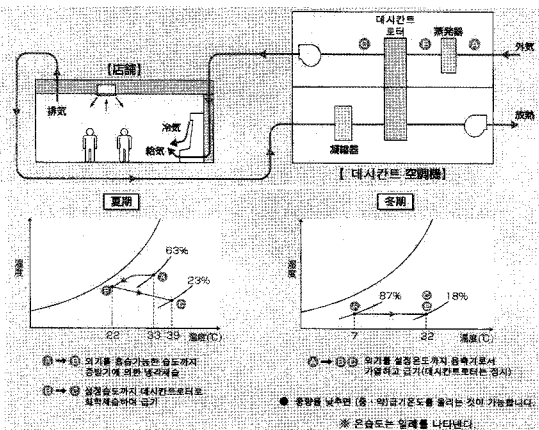
▷습식 흡수식 제습기의 특징)

- 대풍량에 적합하다.
- 처리공기에 대해 살균효과가 있다.
- 전환 쇼크가 없다, 운전비가 싸다.
- 설비비는 소풍량으로 되는 만큼 값이 비싸지지 않는다.
- 액체는 부식성이 강해, 관리에 주의를 요한다.
- 용액의 약간의 비산은 피할 수 없다.

(4) 하이브리드 제습기(그림 18 참조)

1990년부터 대체냉매 시스템으로 하여 트윈로터형의 제습냉방기가 개발되어 세계적으로 보급하고 있으나 큰 크기와 폐열을 이용하는 것에 의해 국내에서는 보급이 적은 실정이다.

일본이나 미국에서는 2006년부터 하이브리드 제습기를 개발하여 보급 중에 있으며 다양한 형태의 에너지절약과 데시칸트제습기에 있어서 여러 가지의 새로운 흡착제 개발에 세계는 발 빠르게 움직이고 있다.



[그림 18] 하이브리드 제습기

제습기의 선정

제습기를 선정할 때에 비교 대조해야 할 사항에 대해서는 다음과 같은 것들이 있다.

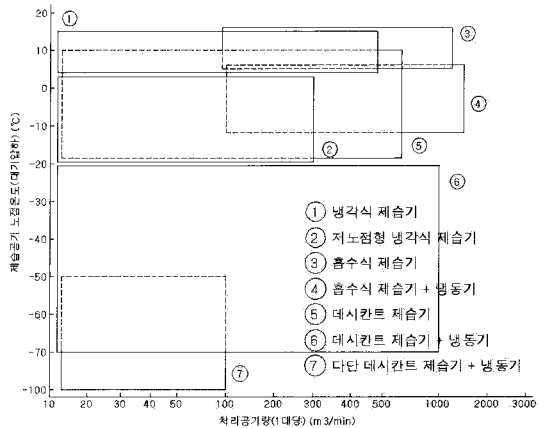
- ① 노점온도와 처리풍량
- ② 처리공기의 온도
- ③ 사용 열원
- ④ 설비비, 운전비
- ⑤ 운전, 보수
- ⑥ 에너지 절약

(1) 노점온도와 처리풍량

그림 19은 각 제습기가 실제로 사용되고 있는 범위를 나타낸 것이다.

각 제습기의 노점온도를 기준으로 하여 보면, 10℃ 노점 이상이면 냉각식이나 흡수식, 10 ~ -40℃ 노점에서는 데시칸트제습기에 냉동기를 병용한 것, -40 ~ -70℃ 노점에서는 데시칸트 2로터에 냉동기를 병용한 것과 -100℃ 이하에서는 데시칸트 3로터를 이용하여 사용하고 있다.

한편 처리풍량을 기준으로 하여 보면, 데시칸트 제습에서는 흡착제 충전통 통과풍속을 흡착률과 압력손실 면에서 크게 할 수 없기 때문에, 대형을 150 m³/min 정도밖에 할 수 없다. 냉각식, 데시칸트제습에서는 최대 풍량이 500 m³/min 정도로 되지만, 저노점형 냉각식으로 되면 300 m³/min이 한도로 된다. 한편 액체흡수식은 대풍량에 적합하고, 보수면에서 어려움이 있으므로 500 m³/min 이하에서는 그다지 사용되지 않는다.



[그림 19] 각 제습기의 제습공기 노점온도와 처리공기량

(2) 처리공기의 온도

냉각식 제습기는 공기의 냉각이 기본으로 되기 때문에, 처리공기의 입구온도는 높고, 출구온도는 낮은 편이 보다 유리하다. 그러나 데시칸트 제습기의 경우는 흡수제·흡착제 둘다 저온으로 되는 만큼 노점온도는 낮아지고, 제습 수분량은 증가하는 반면, 흡수열이나 흡착열로 인해 처리공기의 출구온도는 높아진다. 따라서 처리공기의 입구온도는 낮고, 출구온도는 높은 편이 유리하게 된다. 그러나 만약 입구공기 온도를 높이거나 또는 출구공기 온도를 낮게 하고 싶은 경우에는, 제습기에 냉각장치를 추가할 필요가 있으며 퍼지나 2로터 시스템으로 에너지절약을 꾀하고 있다.

(3) 사용열원

데시칸트 제습기에서는 재생용으로 가열원이 필요하다. 재생용 재생온도는 고정용 데시칸트제습에서 150 ~ 450℃ 정도, 흡수식에서 120 ~ 150℃ 정도이고, 제습공기의 노점온도가 낮아지는 만큼, 그 온도는 높아진다. 이 경우는 중압증기 0.4 ~ 0.7 MPa(4 ~ 7 kg/cm²G) 외에 전기 히터가 필요하게 되는 경우가 있다. 습식흡수식에서는 재생온도가 비교적 낮아, 일반적으로 0.2 MPa(2 kg/cm²G) 정도의 증기로도 충분하다. 공장 내에 100℃ 이상의 폐열이 있는 경우는 그것을 이용할 수 있는 것도 있다.

한편, 냉각식에서는 재생조작은 불필요하고, 출구 공기의 습도를 내리기 위해서 제습공기를 재열하는 경우도 있지만, 냉매의 응축열을 이용할 수 있기 때문에 특별한 열원은 불필요하다.

저온폐열을 이용하는 방법으로 하이브리드제습기는 50 ~ 80℃ 응축열로 재생하기 때문에 유효하므로 이에 따른 사용열원의 온도는 낮아지는 편이다.

(4) 설비비, 운전비

설비비, 운전비는 제습기를 선정하는데 있어서 가장 중요한 요소이지만, 조건에 따라 각각 다르기 때문에, 그 때마다 비교 검토할 필요가 있다. 더욱이 운전비에 대해서는 최근 전산기를 사용해서, 입

력한 연간 기상데이터를 기본으로 시간마다 부하, 운전비가 산출되게 되어 정밀도가 높은 것을 얻을 수 있게 되어 있다.

(5) 운전, 보수

냉각식에서는 냉각 부하가 저부하로 되면 불안정한 운전이 되는 특성이 있어서, 핫가스(hot gas) 바이패스 등의 대책이 필요로 되는 경우가 있다.

보수 면에서는, 액체흡수식은 흡수액의 부식성이 높기 때문에 부식, 방식 대책이 필요하고, 용액관리를 중심으로 극히 세밀한 보수를 필요로 한다. 데시칸트로터 방식은 대부분 보수가 불필요하다. 한편 냉각식은 냉동기에 대해 정기적인 점검을 필요로 하지만, 신뢰성이 상당히 높고, 보수면에서도 우수하다고 말할 수 있다.

(6) 에너지 절약

데시칸트제습기는 성능개선 및 시스템 개선 등을 통해 퍼지 시스템을 이용하여 기존 데시칸트제습기보다 에너지절감을 30% 정도 절감시켜, 제습성능면은 물론이고 냉각제습기보다 고성능과 저에너지 소비를 만족시키고 있다.

드라이룸에서의 재생배기 폐열이용 2 Rotor 시스템과 하이브리드제습기는 적용에 있어서 대단한 효과를 발휘할 것이며, 장비의 수명을 15년으로 계산하면 에너지절약비용은 장비구입비를 넘어 몇 배가 되는 경우가 있으므로 선정에 있어 핵심정보를 아는 것이 필요하다.

저습도를 유지하는 산업에 있어서 냉각제습기, 데시칸트제습기의 조합에 의해 에너지 절감은 물론 저습도 유지관리에 용이한 시스템들이 채용되어 있다.

데시칸트제습기의 세계개발현황

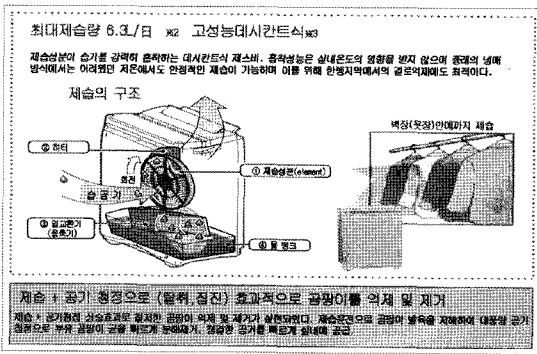
일본에서의 개발현황

1) Daikin사, Sinko사, 木村工機, 西部技研 등 많은 회사들이 데시칸트 관련된 제품 개발을 주도하고 있다. 이에 대해 아래와 같이 논문발 Table내용을 파악하면 이를 알 수 있다고 본다.

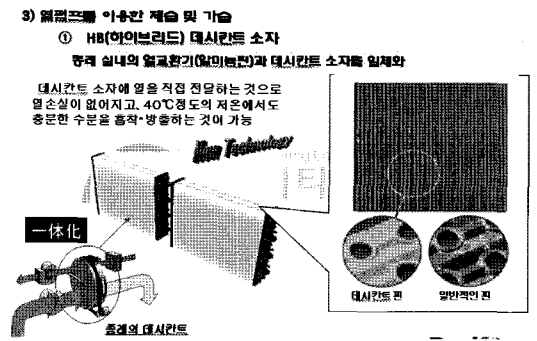


- 2) 2009.10.24~10.26 일본 공조냉동협회 데시칸트 관련 논문 30건(16%) 발표(총 188건 발표 중)
 - OS-6 「Desiccant · 調濕 · Open Cycle空調」
 1. C211 冷凍사이클과 吸着技術을 融合한 하이브리드除濕방식에 따른 고효율화 기술의 검토 (파나소닉에코시스템)
 2. C212 제올라이트의 水蒸氣 탈착에 따르는 마이크로 波照射下의 熱 · 物質移動學
 3. C213 有機系 수착제 로터의 二重通風時 除濕거동
 4. C214 수착제를 도포한 직교형 전열교환기 공조 유닛의 수탈착특성 (新晃工業)
 5. C221 次世代 데시칸트空調의검토(嶺西部技研)
 6. C222 稚內層珪質頁岩衝을 이용한 데시칸트 공조시스템의 개발-그 외 1
 7. C223 稚內層珪質頁岩衝을 이용한 데시칸트 공조시스템의 개발-그 외 2
 8. C224 稚內層珪質頁岩衝을 이용한 데시칸트 공조시스템의 개발-그 외 3 WS-3「設計者를 위한 潛顯/현열분리, HP데시칸트空調 · 調濕」기획 : 실행위원회 (다이킨工業), (高砂熱學工業)
 - 9. A311 Desiccant 空調의展開
 - 10. A312 습도제어 설계에 따르는 데시칸트시스템의 포지션
 - 11. A313 高效率 데시칸트시스템 “DESICA”(다이킨工業)

- 이킨工業)
 12. A314 中低溫 再生仕樣 데시칸트空調機의 開發(新晃工業)(竹中工務店)(東京電力)
 13. A315 데시칸트로터와 全熱交換器을 이용한低溫 배열구동형 외기처리 공조시스템의 紹介 (昭和鐵工)
 14. A316 個別分散HP 데시칸트의 事例紹介 (다이킨工業)
 15. A317 데시칸트換氣시스템의 開發(新日本空調)
 16. A318 潛顯 / 현열분리량 HP데시칸트 空調로의 期待
 - OS-6 「Desiccant · 調濕 · Open Cycle空調」
 17. A321 住宅用콤팩트 再生方式 省에너지型換氣공조시스템의 開發-26報 直接加熱再生方式데시칸트유닛에 의한 吸脫着 舉動(新日本空調)
 18. A322 住宅用콤팩트再生方式省에너지型換氣空調시스템의開發-第27報 直接加熱再生方式 데시칸트유닛 性能解析 (新日本空調)
 19. A323 太陽光集熱器을 이용한 데시칸트空調시스템에 관한 연구-제5보 간접증발 냉각기에 의한 실내 냉방에 대해
 20. A324 太陽集光直接照射에 의해 再生되는 吸着로터內的 열물질 이동에 관한 수치계산
 21. A325 히트펌프구동형 하이브리드 데시칸트 空調시스템의 性能評價와 特性解析(다이내어(株))



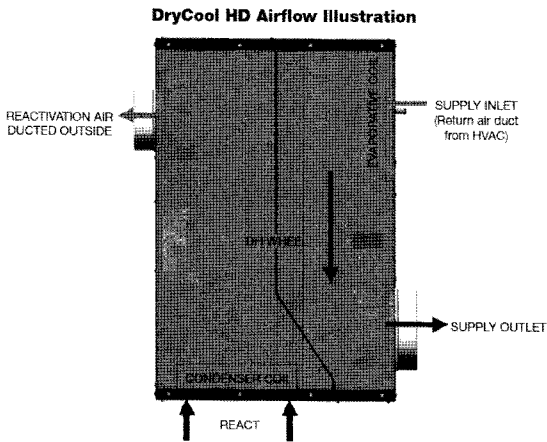
[그림 20] 가정용 데시칸트제습기 설명(다이킨社)



[그림 21] 열펌프 데시칸트외조기(데시카)

- 22. A331 데시칸트 로터 내부의 온도·濃度分布의 시뮬레이션에 의한 可視化와 熱·物質移動特性的 解明 (東京가스株式會社)
- 23. A332 高分子系 데시칸트 로터의 性能評實驗과 정특성해석 (東京가스)
- 24. A333 데시칸트 로터와 空氣流의 疑似的 對向 접촉에 의한 제습성능의 향상
- 25. A334 全熱交換로터의 空氣오염물질 이행에 따른 흡습재료의 영향
- 26. A335 데시칸트 시트에 의한 除濕·乾燥同時操作的 實驗的 研究 ((株)야마토 OS-8「吸收 吸着·收着·吸藏·化學反應을 應用한 냉동·히트펌프」
- 27. C121 新사이클형 3배드 吸着冷凍機의 사이클타임 最適化에 의한 性能向上
- 28. C122 活性炭素/二酸化炭素系 吸着冷凍사이클의 性能解析
- 29. C131 [基調講演] 吸着冷凍사이클의 進展과 排熱有效 이용
- 30. C132 低溫廢열에서 이동하는 이중흡착재를 이용한 소형2단식 흡착식냉동기의 설계 (富士通研)

일본에서의 데시칸트관련 분야에서의 발전은 우리와 많은 차이가 있다고 보이며 이를 극복하기 위해서는 이 관련된 전문가들의 노력이 필요하다.



[그림 22] DryCool HD 외형

미국에서의 개발현황

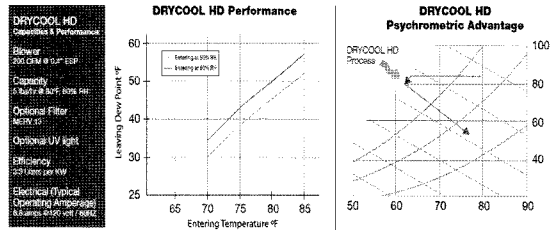
1) Munters

Munters DryCool HD 데시칸트 제습기는 조그마한 장비로 확실한 제습 능력을 보여준다. 유닛은 효율적인 제습 능력을 제공하기 위해 재생된 건조제(wheel)과 함께 냉동 순환 사이클을 이용한다. 건조제 능력으로 인해, 유닛은 계속해서 좋은 능력을 보여줄 수 있고, 노점이 낮은 상태로 조건을 유지할 수 있는 것이다.

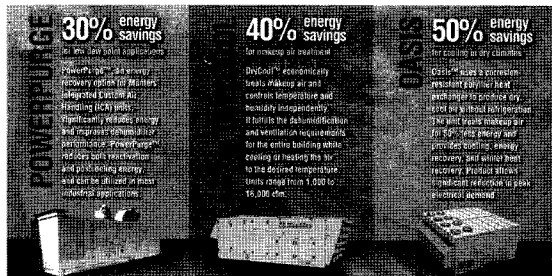
하이브리드 데시칸트 냉동 사이클은 이러한 가장 효율적인 소규모 제습기가 가능하도록 해준다. 더욱이, S.A는 대략 룸온도에 맞추어서 공급되므로, 추가적으로 냉각을 더 할 필요가 없다.

DryCool HD는 비용면에서 효율적으로 작동한다. 데시칸트 제습기 사이클을 작동하기 위해 요구되는 모든 에너지는 냉각 요소에 의해 재순환된다. 시스템은 룸 내부의 습도가 높을 때 작동이 시작되고, 룸 내부의 습도가 설계치로 될 때 작동이 멈추도록 하기 위해서 자동 습도 조절기를 사용한다.

그림 24는 ASHRAE 저널 2008년 12월호 뒤 커버에 광고된 내용이다.



[그림 23] DryCool HD의 성능



[그림 24] ASHRAE 저널 2008.12월호 광고



2) Trane

Energy(DOE)의 미국 지사에 있는 Building Technologies 사무실은 실내공기질(IAQ)와 에너지 관계의 균형을 맞추는 혁신적인 제습 시스템 시장을 넓히기 위해 HVAC 사업을 하고 있다.

DOE와 플로리다 태양 에너지 센터와의 협력을 통해, TRANE은 CDQ™(Cool, Dry, Quiet) 데시칸트 제습 시스템을 발명하였다. 이 독특한 시스템은 전형적인 DX 코일 및 냉수 냉각 코일과 제습제를 연속적으로 배치한다(Figure 1). 다른 데시칸트 제습 시스템과는 달리, 분리된 재생 공기의 흐름이 필요하지 않다.

CDQ 제습제의 처리 측면은 냉각 코일의 공기에서 수증기를 흡수하고, 재생 측면은 그것을 다시 코일로 되돌아가도록 해준다. 본질적으로 코일에 공기로부터 수증기를 제거할 두 번째 기회를 주는 것이다. 사실상, CDQ 제습제를 추가하는 것은 전체 냉각 CAPA가 증가하지 않고 코일의 제습(잠열) CAPA를 증가시킨다.

제습을 위해 일반적인 냉각 코일을 사용하는 대부분의 시스템과는 달리, TRANE CDQ 시스템에서 나오는 공기의 노점은 코일의 Table면 온도보다 더 낮을 수 있다. 이것은 시스템이 Table준 냉각 장비로 낮은 노점을 얻을 수 있도록 해준다.

전형적인 DX 코일 및 냉수 코일이 있는 공기조화기에 CDQ 제습제를 추가하는 것은 제습 CAPA는 20 ~ 300% 성능을 올려준다. 재열이 있는 냉각 코

일을 이용하는 시스템과 비교하면, 노점 온도는 5 ~ 15℃ 낮고 에너지 소비는 20 ~ 80% 감소한다.

국내에서의 개발현황

- 1) KIST -데시칸트 로터개발과 한국지역난방공사와 함께 지역난방열원을 이용한 제습냉방기를 개발하고 있는 중이다.
- 2) 한국에너지연구원 -데시칸트로터 개발 중이다.

당사에서의 데시칸트제습기 개발현황

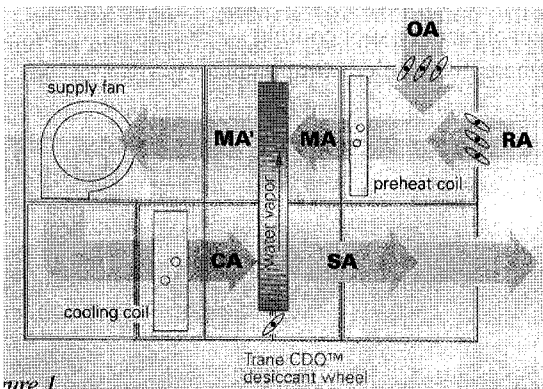
사계절외조기(특허등록) / 신기술인증

사계절용 외기 전용 공조기는 온도와 습도를 별도 제어하므로 재가열과정을 거치지 않고, 실내로 직접 공급이 된다. 또한, 사계절용 외기 전용 공조기는 일반 외기공조기와는 달리 데시칸트제습을 하므로 낮은 습도에서 이용할 수 있는 장점이 있다.

외기에 대해 최대냉방부하, 중간부하, 부분부하로 하여 외기공조기 대해 기준 에너지소모량에서 30% 이상 절감되는 것을 알 수 있으며 표 1에 일반 공조와 외조기 + 공조기 비교에 대해 설명하였다.

이때 냉방최대부하에서는 외기공조기 적용시 부하가 10% 정도(재생열원에 의한) 증가되지만 부분부하에서는 기존 공조기에서는 온도를 맞추기는 쉬우나 상대습도가 올라가 재실자의 불편에 의해 온도를 낮추면서 별금을 내는 방법과 공조기를 개조하여 과냉과 재열이라는 에너지 소비형으로의 교체가 필요하며 이렇게 되면 외기공조기를 채택하는 것으로 온도제어와 습도제어를 독립적으로 수행하는 것에 의해 에너지절감과 실내공기질 향상에 도움이 되며, 기존공조기에 외기공조기를 통해 공조기 냉각코일을 건코일화 함으로서 각종세균 바이러스의 서식조건을 없애므로 실내공기질에 있어 매우 유익하다. 또한 작업공정 등 환경에 예민한 곳에서도 상대습도를 40% 낮추기가 쉽기 때문에 적용이 유효하다. 실내양압을 확실하게 유지하는 시스템이기 때문에 기존의 공조시스템에 비해 에너지비용의 절감이 가능하다.

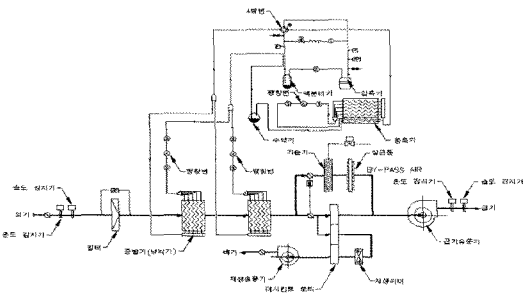
이 외에도 공조시스템과의 통합(설치 공간 등), 기존설비, 기후, 환경 등의 사항을 들 수 있지만,



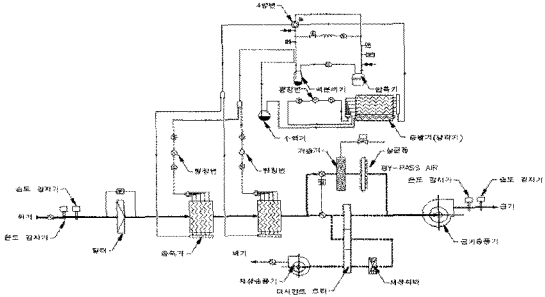
[그림 25] Trane CDQ 제품 흐름도

<표 1> 일반공조기와 외기공조기 + 공조기의 비교

실내26℃50%RH	일반 공조기 방식(재열방식)	외기공조기 + 공조기 방식
최대부하(100%) 외기조건 32℃DB,67%RH 20.04 kcal/kg' 20.21 g/kg'	실내부하 148,520 kcal/h 외기부하 49,840 kcal/h 과냉부하 0 kcal/h 냉방부하 198,360 kcal/h(100%) 재열부하 0 kcal/h	실내부하 127,922 kcal/h 외기부하 64,166 kcal/h 냉방부하 192,088 kcal/h(96.8%) 재생부하 26,638 kcal/h
중간부하(70%) 외기조건 27℃DB,70%RH 16.06 kcal/kg' 15.72 g/kg'	실내부하 115,782 kcal/h 외기부하 23,070 kcal/h 과냉부하 40,679 kcal/h 냉방부하 179,531 kcal/h(100%) 재열부하 40,679 kcal/h(100%)	실내부하 100,713 kcal/h 외기부하 36,253 kcal/h 냉방부하 136,966 kcal/h(76.3%) 재생부하 26,638 kcal/h(65.5%) ★냉방 23.7%, 난방34.5% 절감됨
부분부하(40%) 외기조건 23℃DB,70%RH 13 kcal/kg, 12.32 g/kg'	실내부하 76,855 kcal/h 외기부하 2,489 kcal/h 과냉부하 51,774 kcal/h 냉방부하 131,118 kcal/h(100%) 재열부하 51,774 kcal/h(100%)	실내부하 64,964 kcal/h 외기부하 15,672 kcal/h 냉방부하 80,636 kcal/h(61.5%) 재생부하 26,638 kcal/h(51.5%) ★냉방 38.5%, 난방48.5% 절감됨



[그림 26] 사계절외기공조기 하절기흐름도



[그림 27] 사계절외기공조기 동절기흐름도

각각을 검토하여, 종합적으로 판단을 내릴 필요가 있다.

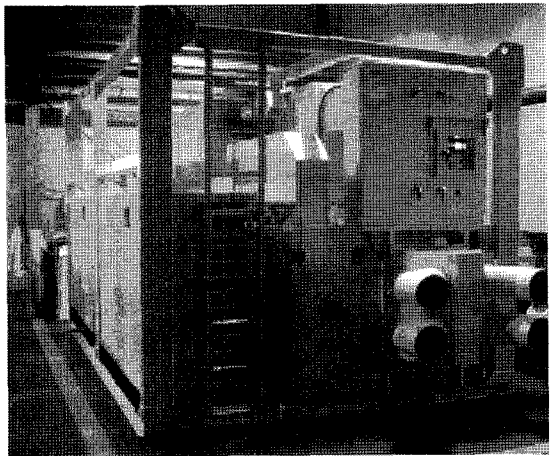
사계절외기공조기 이동 형으로 한 용량 40HP 사진을 그림 28에 나타낸다.

데시칸트제습기 유닛(특허등록)

그림 29에 나타낸 데시칸트제습기 유닛은 기존의 제품과는 달리 전단에 냉각코일을 두어 에너지 절약을 꾀하였다.

환기를 수반하는 데시칸트제습기(실용신안등록)

퍼지를 이용하는 데시칸트제습기에서 실내공기를 재생으로 하여 배기시키므로 신선외기도입을



[그림 28] 사계절 외조기 40HP 사진

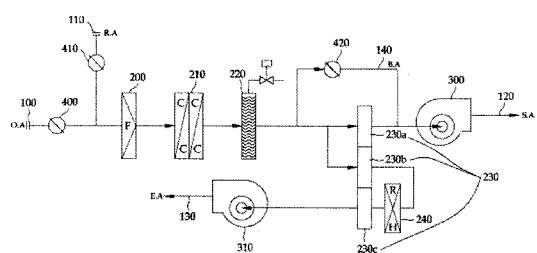
처리측에서 담당하여 자연환기를 취하는 것으로 그림 30에 나타낸다.

복합식 데시칸트 냉풍건조기(특허등록)

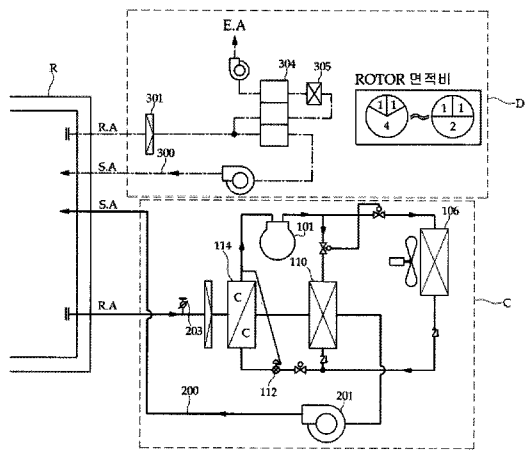
건조영역에 있어서 항률건조영역과 감률건조영역으로 구분되고 폐열이용 냉풍건조기는 항률건조에서는 효과적이지만 감률건조영역에서는 효과가 떨어지는 단점을 보완하고 건조시간과 운전비를 40% 이상 절감하는 새로운 데시칸트 건조기를 적용한 건조방법으로 그림 31 ~ 32에 나타낸다.

하이브리드 데시칸트건조기(특허등록)

세계 처음으로 하이브리드 데시칸트 건조기 개발은 남다른 동기가 있는 것으로 우리 농어촌의 소득 증대에 커다란 힘이 될 것이며 웰빙시대에 적합한 제품을 개발하였다. 성능시험을 통해 관련단체를



[그림 29] 신형 데시칸트제습기 유닛 흐름도

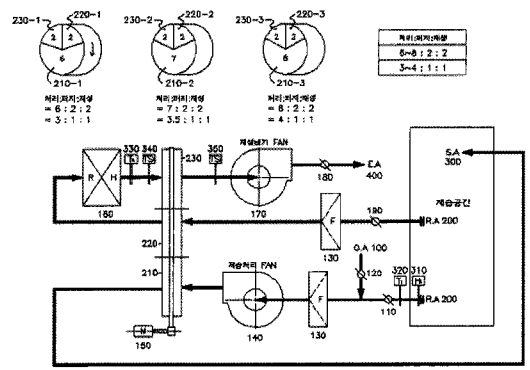


[그림 31] 복합식 데시칸트냉풍건조기 흐름도

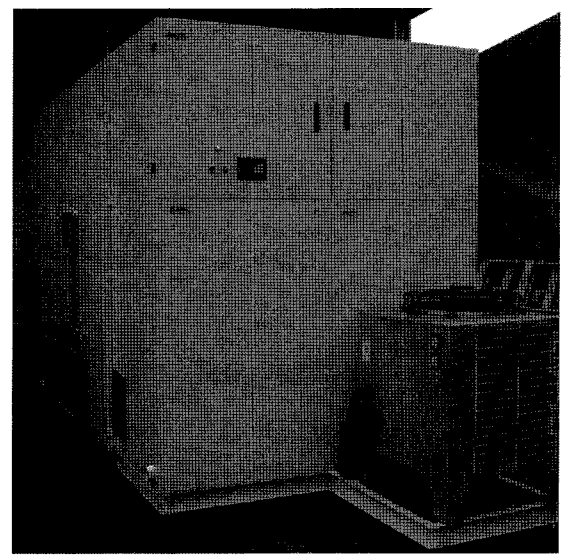
통해 빠르게 보급되어 농어촌의 선진화를 이루는 계기가 되었으면 한다. 그림 33 ~ 36에 나타낸다. 건조성능은 기존제품 냉풍건조기에 비해 200% 이상이다. 저탄소 녹색성장제품이다.

하이브리드 응축데시칸트제습기(특허청구항적용)

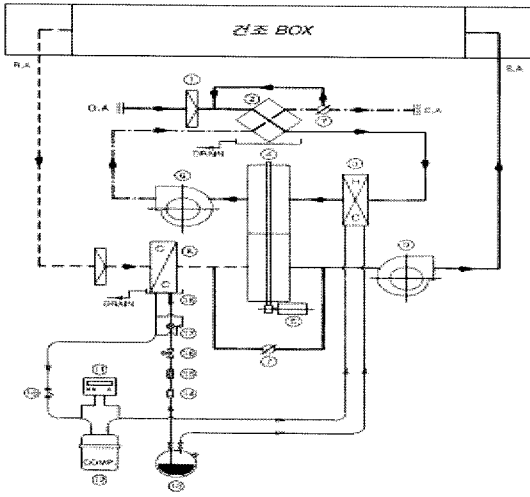
세계 최고의 제품으로 국방에 필요한 장비로 탄약고, 병커, 저습시설에 필요한 하이브리드 응축 데시칸트 제습기는 저탄소 녹색성장제품으로 각광 받을 것이다. 그림 37 ~ 38에 나타낸다.



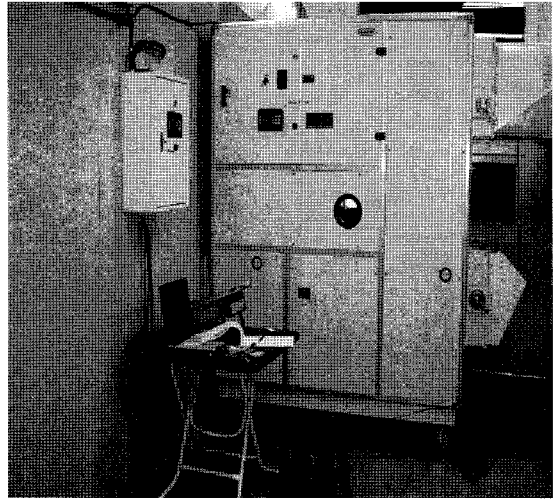
[그림 30] 환기 수반하는 데시칸트제습기 흐름도



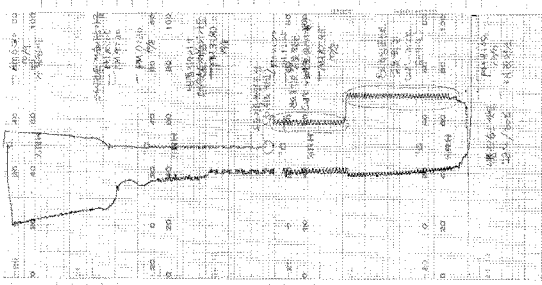
[그림 32] 복합식 데시칸트냉풍건조기 사진



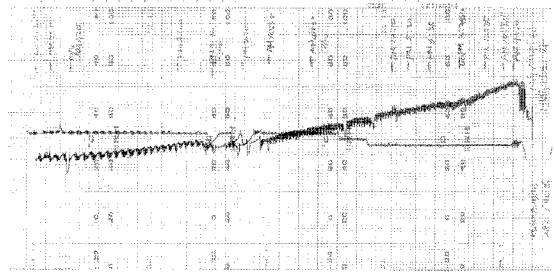
[그림 33] 하이브리드 데시칸트건조기 흐름도



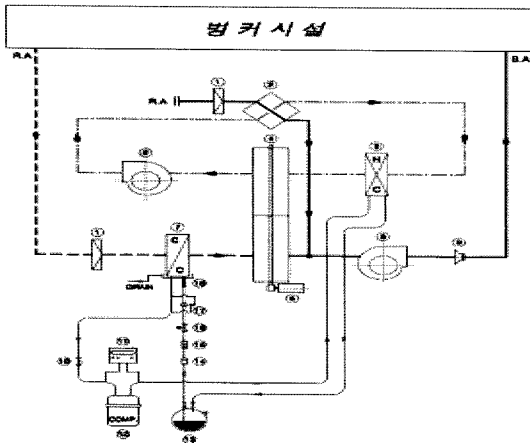
[그림 34] 하이브리드 데시칸트건조기 사진



[그림 35] 복합식 데시칸트냉풍건조기 운전



[그림 36] 냉풍건조기 운전



[그림 37] 하이브리드 응축 데시칸트제습기

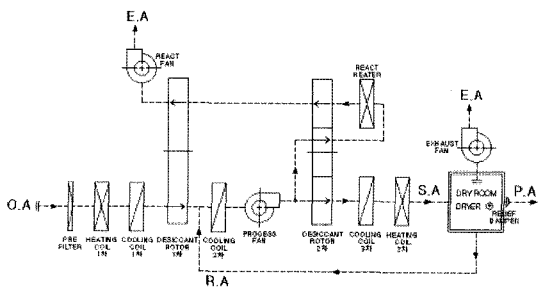


[그림 38] 하이브리드 응축 데시칸트제습기 사진

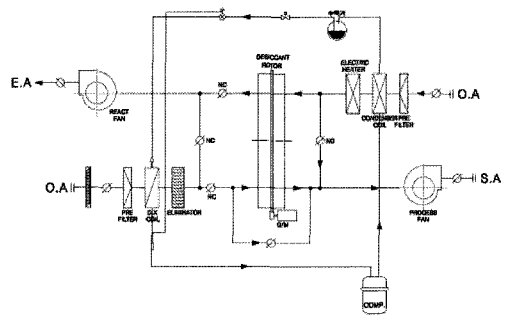


폐열이용 드라이룸 데시칸트제습기(특허출원중)
 리튬이차전지제조 공정에 없어서는 안되는 Dry Room은 에너지가 많이 소모되므로 에너지절감 대책이 필요한 곳으로 기존의 1로터시스템에서 폐열

을 이용하는 시스템을 적용시에는 연간 25% 이상의 운전비 절감이 가능하므로 제품비용을 5년 내에 회수할 수 있는 시스템으로 그림 39에 나타낸다.



[그림 39] 저노점(-70℃) 데시칸트 제습기흐름도



[그림 40] 하이브리드 외기공조기 흐름도

<표 2> 외기공조기의 종류 및 구성

내용	규격 (용량)	데시칸트 유닛 외조기 (산업용)	사계절외조기 피지형 (공조용)	하이브리드데시칸트 시스템(개발예정)
풍량	CMH	2,700	4,200	4,800
급기팬	kw	1.1	2.2	3.7
외기조건		32℃ 70% 21.14 g/kg' (TAC1.0%)	31.1℃ 66% 18.84 g/kg' (TAC2.5%)	32℃ 70% 21.14 g/kg' (TAC1.0%)
급기조건		22.8℃ 5.5 g/kg'	24.1℃ 7.36 g/kg'	40.7℃ 8.04 g/kg'
냉동기	HP	20	20	20
COMP소비	kw	19.2	22.8	19.9
냉각능력	kw	56.16	58.2	52.65
응축기팬외	kw	1.5	1.15	0.125
제습풍량	CMH	1,500	1,900	4,800
제습로터	mm	∅550 × 200	∅770 × 200	∅965 × 200
재생히터	kw	12	17	(응축기배열 72.5)
재생팬	kw	0.2	0.4	2.2
동력합계	kw	34.0	41.5	25.9
제습능력	kg/h	48.9	54.0	75.2
제습효율	kg/kw	1.57 (100%)	1.44 (91.7%)	3.76 (239%)
전체효율	kg/kw	1.44 (100%)	1.30 (90.3%)	2.90 (201%)
장점	하절기, 중간기용임	사계절용으로 개발 되었으며 동절기를 포함 하면 우수한 성능을 가진 압축기인버터 대응으로 운전비절감용이	냉동기 응축 배열이용으로 재생열원이 추가 되지 않음으로 에너지절약 50%달성세계최고 성능보장	
단점	동절기에 대한 에너지절약 미흡	4계절 운영하는 곳에 적합함 장비가 비교적 큼	동절기에 히트펌프 냉동기 용량의 50% 운전 가능, 온도 제어시에는 제습능력 저하됨으로 애프터클러 적용함	

개발추진중인 데시칸트제습기

1) 하이브리드 데시칸트 외조기(특허출원중)
 압축기에서 재생열원으로 하여 응축기배열을 사용하고 응축된 냉매는 팽창변을 걸쳐 프리쿨러에서 외기공기를 냉각하여 데시칸트제습기를 통과하여 급기 함으로서, 냉각열과 응축배열을 모두 사용하는 하이브리드 데시칸트 제습기이다(표 2 참조).

2) 가정용(소형) 하이브리드제습기(특허청구항 적용)
 2009년 말부터 개발을 시작하여 이동형과 고정형으로 개발하며 특히 해외 수출을 목적으로 하여 개발하고자한다.

맺음말

냉각제습과 데시칸트제습에 있어서 기존의 제품들을 개선하여 20% 이상 에너지 절감하는 제품을 개발하게 되었으며, 거기에 하이브리드제습기는 50% 절약이 가능한 제품개발을 이루었습니다. 그러나 고객의 반응은 냉담하기만 하는 현실에 안타까울 뿐이며 기회가 닿는 대로 최선의 노력으로 고객으로부터 선택 받을 수 있도록 하여야 하겠습니다.

언감생심(감히 그런 마음을 품을 수 없음)! 본 학회의 기술상의 기회를 주신 관계자분들에게 감사의 인사를 올립니다.

데시칸트 제습기를 1980년부터 취급하여 1994년 퍼지시스템을 실용화 한 후에도 이를 접목하지 못하는 후학의 문제도 있고 필자의 문제도 있다고 보아집니다. 필자는 이를 통해 새로운 기회라 생각되어지며 기업생존의 문제와 기존의 제품은 하지 않겠다는 일념으로 창업(2004년7월) 후 현재까지 왔으며 지식경제부/에너지관리공단, 중소기업청의 도움으로 사계절외조기 개발, 복합형 데시칸트 냉풍건조기 개발, 하이브리드 데시칸트 건조기개발, 하이브리드 응축제습기 개발은 데시칸트 분야의 선진화를 이루는데 커다란 이정표를 이루었다고 보아지며 이런 기회를 제공해준 여러분들이 있어 행운이라 생각합니다.

자체 개발로는 환기를 겸한 데시칸트제습기, 소형퍼지 데시칸트제습기, 데시칸트제습기 유닛 개발을 하였으며, 또한 금년 2009년 12월부터 2년간 지경부/에너지관리공단에서 소형 하이브리드제습

기 개발 연구 과제를 수행하게 되어 사업화에 있어 큰 힘이 될 것입니다.

앞으로 하이브리드제습기 개발, 연료전지용 제습냉방기 등 많은 산적인 과제들이 있으며 이를 극력으로 수행하라는 사명으로 알고 데시칸트 분야의 활성화를 위해 노력할 것을 다짐합니다. 감사합니다.

참고문헌

1. 산업자원부 에너지관리공단, 2006년도 에너지 자원기술개발사업 연구과제 “데시칸트와 히트 펌프를 이용한 사계절용 외기공조기 개발”.
2. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2006, Humidity Control Design Guide, chap. 13, pp. 194-214
3. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2004, HVAC Systems & Equipment, Chap. 22.
4. Morris, W., 2003, The ABCs of Dedicated Outdoor Air System, ASHRAE Journal, May, 28-31.
5. Mumma, S. A., 2001, Designing Dedicated Outdoor Air Systems, ASHRAE Journal, May, 28-31.
6. Murphy, J., 2006, Smart Dedicated Outdoor Air Systems, ASHRAE Journal, July, pp. 30-37.
7. Park, Seung-Tae and Kim, Youngil, et al, 2006 four-season Dedicated Outdoor Air Handling Unit, Proceedings of the SAREK 2006 Summer Annual Conference, pp.897-906
8. 제습의 원리와 실제, 공기조화·위생공학 회지, 2002.09
9. 데시칸트 공조시스템, (사)히트펌프축열센터 저온 배열이용 기기조사위원회, 2006, 일본공업출판
10. 홍정성, HEAT PUMP TYPE건조(제습)기술, 2001, 남양저온건조연구실
11. 冷凍空調装置の設計例, 1978, 日本冷凍協會, pp.191-194
12. 冷凍空調便覽 第4版, 1981, 日本冷凍協會, pp.668-672
13. 冷凍空調便覽 第5版, 1993, 日本冷凍協會, pp.331-336