

## 데시칸트제습기 선정프로그램

김희재<sup>†</sup>, 박승태, 유경록, 이현주

(주) 에이티이엔지 기술연구소

### Desiccant Dehumidifier Selection Program

Huejae Kim<sup>†</sup>, Seungtae Park, Kyoungrok You, Hyunju Lee

Air-Tech Engineering Co., Ltd, Seongnam 462-806, Korea

**ABSTRACT:** Performance curve of the desiccant rotor is an important information when developing and selecting the desiccant dehumidifier. The effective utilization of the energy is major capacity for the system and the desiccant performance curve is a design ability for a designer. By the rotor supply contract with DRI, ECO-DRY programs would be offered. Moreover, it could make remarkable progress in the desiccant system and energy saving. It is good to introduce the programs with the amicable help of DRI.

**Key words:** Desiccant dehumidification(데시칸트 제습), Evaporative humidifier(기화식 가습기), Absolute humidity(절대습도), Dew point temperature(노점온도), Dry-bulb temperature(건구온도), Relative temperature(상대습도)

#### 기 호 설 명

- DB : 건구온도 [°C]
- RH : 상대습도 [%]
- $x$  : 공기의 절대습도 [g/kg<sup>′</sup>]
- $i$  : 비엔탈피 [kcal/kg<sup>′</sup>, kJ/kg<sup>′</sup>]
- DP : 노점온도 [°C]

#### 1. 서론

데시칸트 제습시스템에 있어서의 제습성능은 로터제조사의 사안이지만 사용자의 입장에서 볼 때는 검증된 자료와 신뢰성 있는 제습 성능표를 원하고 있다. 그러나 이런 자료에 대해 로터제조사의 노하우라는 인식에 의해 사용자가 모르고 있는 경우가 많으며 이런 제습성능표가 없으면 제작설계에 있어서도 어려움이 있어 사용자에게

좋은 시스템을 소개하기를 지극히 어렵고 만약에 시행하고자 하여도 실험이나 데이터에 의한 자료가 필요하기 때문에 제품설계나 개선에 있어서 어려움이 많이 있었다.

에이티이엔지에서는 DRI사와 로터공급 계약을 체결하고 DRI사가 개발한 ECO-DRY 로터선정 프로그램을 공개하여도 좋다는 의견을 얻어 본고를 통해 소개하게 된 것을 기쁘게 생각한다. 에이티이엔지에서는 에코-드라이 프로그램에 의해 에너지절약이 되는 설계기법을 확보하여 이를 설계에 반영함에 따라 데시칸트로터 시스템을 다양하게 구사할 수 있게 되었고, 로터형태에 따른 에너지절약 구현방법에 있어서도 다양성이 요구되 시점에서 새로운 제품의 도입도 용이하게 되었다. 본고에서는 1:3 구형의 로터, 1:1:3의 퍼지형 로터, 1:1 제습냉방형로터(하이브리드로터)에 대해서 소개토록 한다.

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-31-777-9241; fax: +82-31-777-9240

E-mail address: stpark1542@naver.com

## 2. 데시칸트제습냉방의 성능향상 방법

성능향상 방법에 있어서는 일본의 히트펌프축열센터 저온배열이용 기기조사연구회에서 발간한 “데시칸트 공조시스템”의 일부를 발췌하였다.

종래의 데시칸트 공조시스템에 있어서 외기 습도부하가 상승했을 때의 냉방능력 CE를 계산한 결과를 Fig. 1 에 보여준다. 제습로터, 현열교환기, 기화냉각기는 시판되고 있는 제품 카탈로그 성능을 이용하여 검토하였다. 냉각효과(Cooling Effect)  $CE_{OA}$ 는 외기를 기준으로 한 경우의 냉각 효과이고  $CE_{RA}$ 는 환기를 기준으로 한 경우의 냉각 효과이다. 급기엔탈피는 외기부하의 증가에 따라 상승하지만, 외기부하의 증가비율보다도 급기엔탈피의 증가비율이 작기 때문에, 외기기준 냉각효과  $CE_{OA}$ 는 외기부하의 증가에 따라 냉각효과가 향상한다. 그러나 급기엔탈피는 외기부하의 상승에 따라 서서히 증가하여 실내조건에 근접하다가 역전되기 때문에, 환기기준 냉각효과  $CE_{RA}$ 는 감소해 마이너스가 된다.

이 항에서는 외기부하가 높을 때에도 냉방효과를 발휘하는 데시칸트 공조기를 실현하는 방법의 지침으로 각 구성기기의 설계, 운용방법에 의한 성능향상 효과에 대하여 서술한다.

### 2.1 데시칸트 로터의 설계, 운용방법에 의한 제습성능 향상효과

제습공조를 특징으로 하는 데시칸트 공조시스템이지만, 전 환기방식의 경우 실내요구 절대습도가 11g/kg'으로 잠열부하 2g/kg'일 때, 외기온도 30℃, 외기절대습도 20g/kg' 이상이 되면 급기습도는 실내습도보다 높게된다. 데시칸트 공조시스템을 외조기로 본 경우 유효하다고 말할 수 있지만, 제습공조를 특징으로 하는 데시칸트 공조시스템으로서는 능력부족이라 하지 않을 수 없다. 이와 같이 외기부하가 높은 경우라 하더라도 제습성능을 향상시키는 방법과 그 효과에 대해서 서술한다. 비교방법으로서는 200mm 두께의 데시칸트 로터를 전면풍속 2m/s로 사용하고 재생온도 60℃, 재생풍량비  $a=1/1$ , 입구공기온도 30℃일 때의 제습량을 1로 하여(본문 중에 별도 조건이 기술된 경우는 제외) 제습성능의 증감율을 보여주었고, 여기서 시험산출에 이용한 제조업체의 데시칸트 로터가 아니더라도 대략적으로 성능향

상 효과를 예측할 수 있게 하였다.

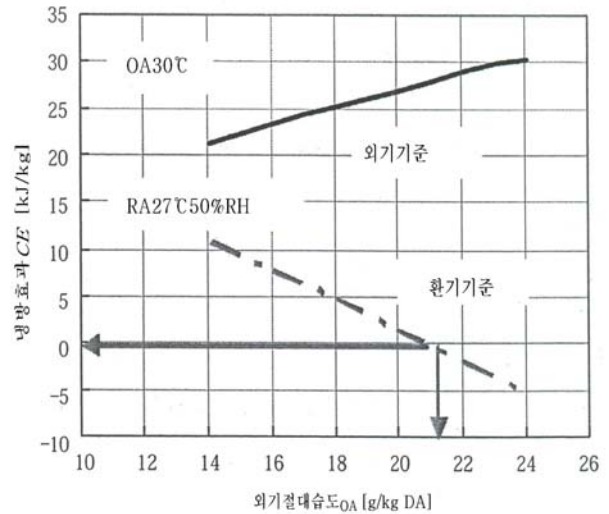


Fig. 1 외기습도와 냉방성능의 관계

#### (가) 로터직경을 키우는 방법(대구경화)

로터직경을 변호시켜 통과풍속을 느리게 하면 제습성능이 향상한다. 일례를 Fig. 2에 보여준다. 이 그림에서 로터 직경을 1.5배 크게 하면 20% 제습량이 향상하는 것을 알 수 있다. 이 경우의 압력손실은 통과풍속이 느려졌기 때문에 약 절반 정도가 된다.

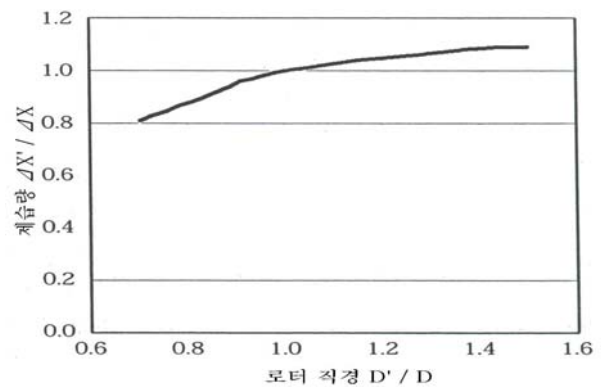


Fig. 2 로터직경과 제습성능 향상효과

#### (나) 로터두께를 키우는 방법

로터두께를 키우면 통과공기의 체재시간이 길어져 제습성능이 향상된다. Fig. 3에 일례를 보여준다. 이 그림에서 제습로터의 두께를 200mm에서 400mm로 키우면, 10% 정도 제습성능을 향상시킬 수 있다. 이 경우 압력손실은 로터두께에 비례하여 2배가 된다.

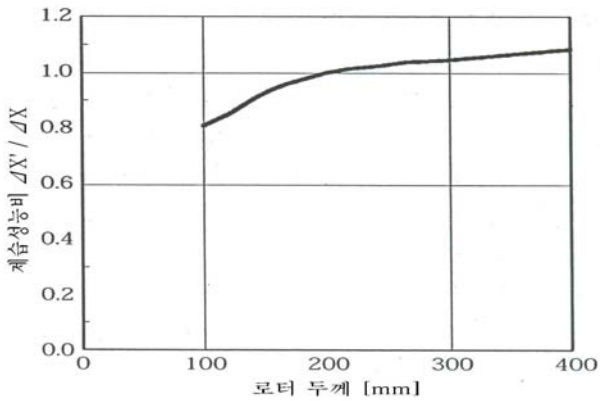


Fig. 3 로터두께와 제습성능비의 관계

(다) 재생풍량을 증가시키는 방법

재생 풍량을 증가시킴으로써 재생효과가 향상되어 제습성능비가 Fig. 4에 보여준 것처럼 향상된다. 재생온도는 배열에서 회수한 온수를 이용하는 것으로 하여 80℃로 하고 있다. 이 Fig. 4에서 재생풍량을 증가시키면 제습성능은 향상되는데, 재생풍량을 1.6배로 하면 약 20%의 성능향상 효과가 있다. 재생풍량을 1.6배로 하면 재생축공기의 압력손실도 비례하여 1.6배로 증가한다.

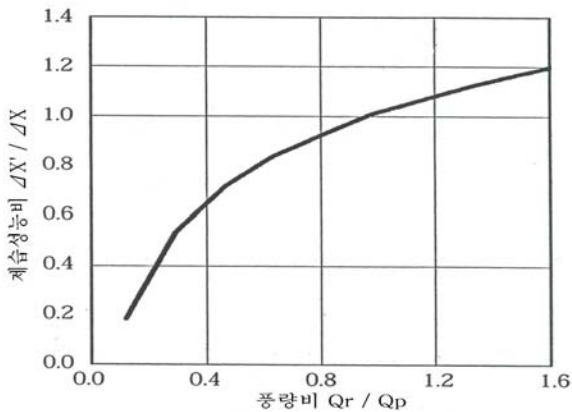


Fig. 4 재생풍량비와 제습성능비의 관계

(라) 재생온도를 높이는 방법

재생온도를 높게 하면, 수증기의 탈착이 잘 이루어져 제습성능비가 향상된다. 온수히터에 의해 재생공기를 가열하는 경우는 공기온도가 80℃정도가 실용적인 한계이지만, 가열히터를 이용해 추가 가열하는 것으로 할 때 성능향상 효과를 계산한 결과를 Fig. 5에서 보여준다. 재생온도를 높게 할수록 제습성능이 향상되는 것을 볼수있는데, 예를 들면 재생온도를 120℃까지 상승시키면

제습성능은 80℃재생의 경우보다 1.4배 향상된다.

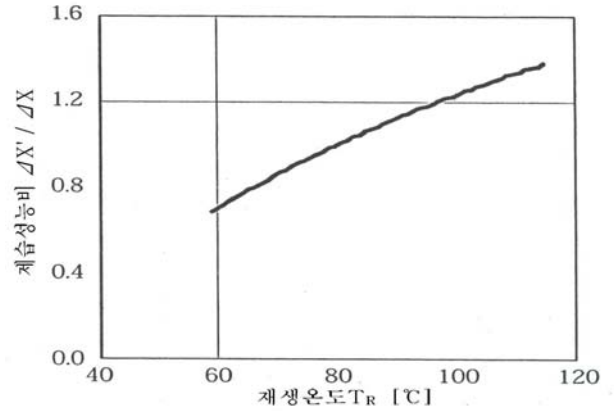


Fig. 5 재생온도와 제습성능비의 관계

(마) 처리공기의 예냉효과

데시칸트 로터로 들어가는 입구공기를 예냉 함으로써 제습성능을 높일 수 있다. Fig. 6에 외기 35℃, 56%고, 20g/kg'일 때, 예냉한 경우의 제습성능 향상효과를 보여준다. 그림에서 입구공기온도를 5℃예냉 함으로써 약 10% 제습능력을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 이 경우 출구 온도도 3℃정도 낮아지는 효과가 있다. 그림에서 25℃는 포화상태이다.

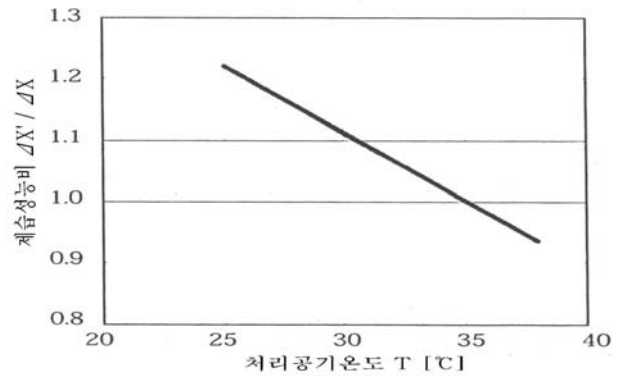


Fig. 6 처리공기 예냉효과

2.2 현열교환기 로터의 설계, 운용방법에 의한 능력향상 효과

데시칸트 공조시스템을 현열에 착안하여 시스템의 움직임을 검토해보면, 우선 외기를 데시칸트 로터를 통하여 잠열을 현열로 바꾸고, 현열교환기에서 현열을 제거함으로써 처리공기의 엔탈피를 낮추는 흐름이 된다. 현열 교환기는 시스템 구성 중에서 엔탈피를 감소시키는 기기이기 때문에 높은 열교환 성능이 요구된다.

Fig. 7은 현열교환 효율과 급기온도의 관계를 보

여주는데, 제습 후 고온건조한 공기온도 60℃일 때, 실에서의 환기 26℃, 50%RH를 직접 기화냉각에 의해 가습냉각 하여 21℃, 80%RH로 한 공기를 냉열원으로 하여 열교환한 경우를 나타내고 있다. 아래 그림에서 급기온도는 현열 교환기의 성능으로 결정된다고 해도 과언이 아니다. 이 항에서는 현열교환기의 성능을 더욱 향상시키는 방법과 그 효과에 대하여 서술한다. 비교방법으로는 200mm 두께의 현열교환기를 전면풍속 2m/s, 풍량비 1:1로 사용하는 경우를 기준으로 비교하였다.

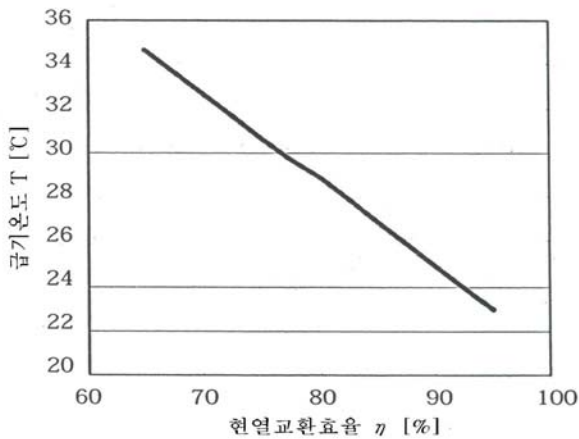


Fig. 7 열교환 효율과 급기온도

(가) 로터의 직경을 키우는 방법(대구경화)

로터 직경을 키워 처리풍속을 느리게 한 경우의 성능 향상효과를 검토한 결과를 Fig. 8에 보여준다. 로터 직경을 크게 하면 장치비용의 상승과 설치면적이 커지는 단점이 있다. 예를 들면, 필요한 로터 직경을 1.5배 크게 하면 현열교환기의 효율을 80%에서 89%로 향상시킬 수 있다. 또, 압력손실도 절반이하가 되며 송풍기 동력도 작아지는 장점이 있다.

(나) 로터 두께를 키우는 방법

로터 두께를 키운 경우의 현열교환 성능향상효과를 검토한 결과를 Fig. 9에 보여준다. 이 결과로부터 현열교환로터의 두께를 200mm에서 400mm로 하면 효율이 80%에서 89%로 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 단, 이 경우의 압력손실은 로터두께에 정비례하여 2배로 증가, 송풍기의 동력도 증가한다.

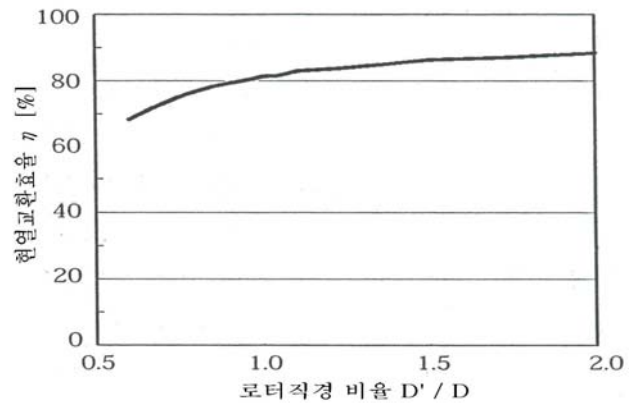


Fig. 8 로터 직경 대형화에 따른 열교환 효율 향상효과

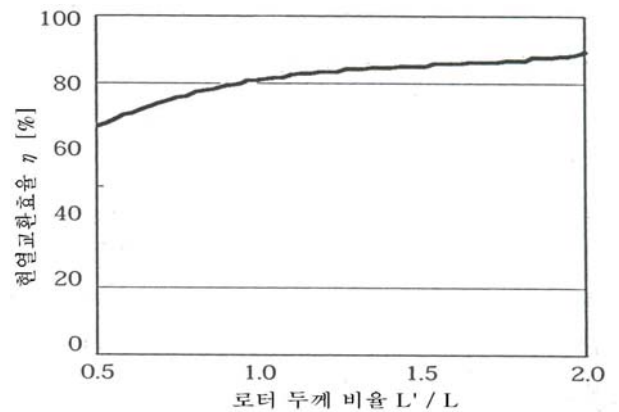


Fig. 9 로터 두께에 의한 열교환 효율향상효과

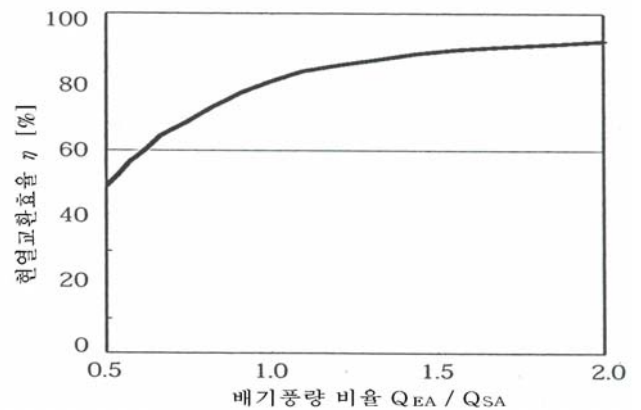


Fig. 10 피냉각풍량 증가에 의한 열교환 효율 향상효과

(다) 피냉각 풍량을 증가시키는 방법

환기공기에 외기를 혼합하여 피냉각 풍량을 증가시키므로써 열교환성능 향상효과를 계산한 결과를 Fig. 10에서 보여준다. 이 방법에 의해 냉각 성능을 향상시키는 것은 가능하지만, 일반적으로

외기보다 저온인 환기공기에 외기를 혼합하면 환기공기 온도상승에 의해 냉각효과가 감소하며, 송풍기의 동력비 상승을 고려할 필요가 있다.

### 2.3 직접기화냉각기에 의한 냉각능력향상효과

직접식 기화냉각기는 공기의 현열을 물의 증발 잠열로 바꾸어 공기온도를 낮추는 것으로, 급기측 출구에 사용하는 경우 공기엔탈피 자체를 낮추는 효과는 없지만, 현열교환기의 환기 입구측에 사용하면 열교환 후 급기온도를 낮게 하여 간접적으로 급기 엔탈피를 낮추는 효과가 있다.

기화냉각은 등엔탈피로 변화하고, 시작점에서 포화에 다다른 경우를 가습효율 100%로 하여 도달도로 표시된다. Fig 11에 가습효율과 출구공기 온도를 보여준다. 이 경우의 입구공기조건은 26°C, 50%RH를 가정하였지만, 입구공기조건에 의해 출구공기조건은 변화한다.

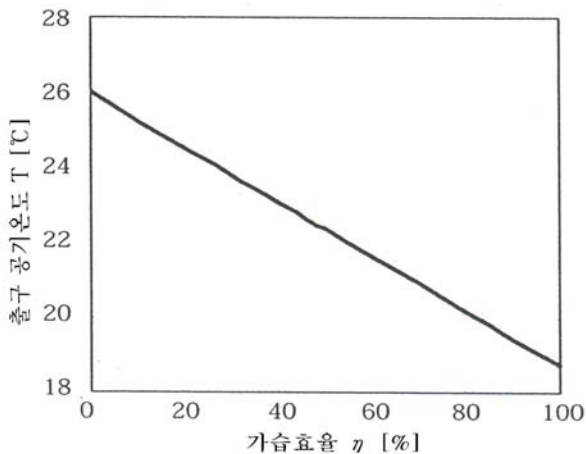


Fig. 11 직접식 기화냉각기의 가습효율과 출구온도

## 3. ECO-DRY 로터 선정 프로그램 소개

데시칸트 제습로터의 성능을 알기 위해서는 하기의 조건을 만족시켜야 한다.

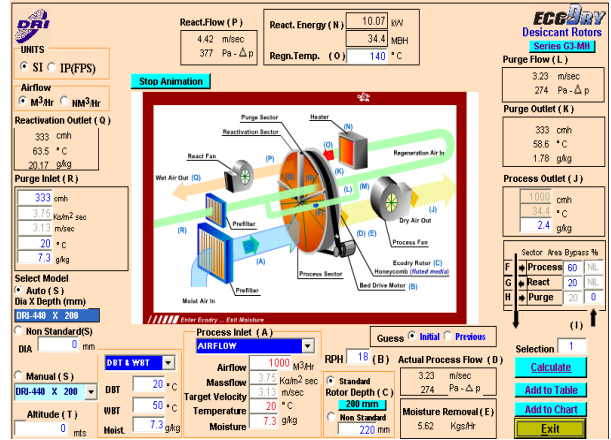
- 1) 처리송풍량 처리입구공기조건
- 2) 재생송풍량 재생입구공기조건, 재생온도

### 3.1 데시칸트 퍼지시스템(1:1:3=퍼지:재생:처리)

#### 1) 선정조건

구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	로터두께(t)
처리입구공기	1,000	20	50	7.3	200
퍼지입구공기	333	20	50	7.3	200
재생입구공기	333	140	0.1	1.78	200

#### 로터두께 200t



#### 2) 선정결과

데시칸트로터 G3-MH ø440\*200t

재생히터 10kw

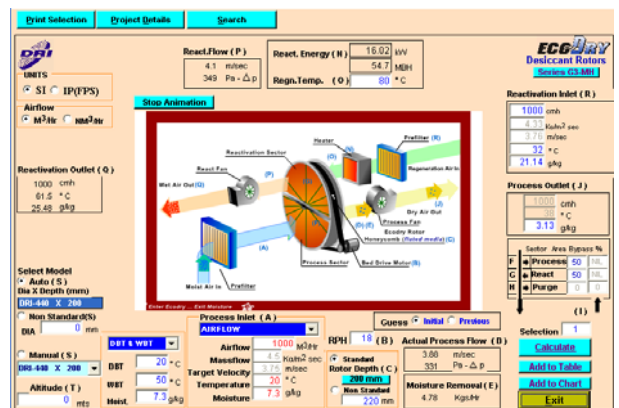
구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	압력손실(pa)
처리출구공기	1,000	34.4	7.2	2.4	274
퍼지출구공기	333	58.6	1.5	1.78	274
재생출구공기	333	63.5	13.6	20.17	377

### 3.2 저온재생 데시칸트 시스템 (1:1=재생:처리)

#### 1) 선정조건(저온배열이용)

구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	로터두께 (t)
처리입구공기	1,000	20	50	7.3	200
재생히터입구공기	1,000	32	70	21.1	200
재생히터출구공기	1,000	80	7	21.1	200

#### 로터두께 200t



#### 2) 선정결과

데시칸트로터 G3-MH ø440\*200t

재생히터 16kw(저온배열이용)

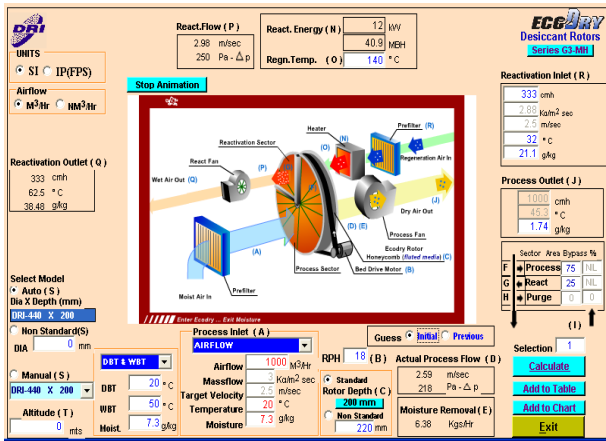
구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	압력손실 (pa)
처리출구공기	1,000	38	7.7	3.13	331
재생출구공기	1,000	61.5	18.7	25.48	349

### 3.3 구형 데시칸트 시스템 (1:3=재생:처리)

#### 1) 선정조건

구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	로터 두께 (t)
처리입구공기	1,000	20	50	7.3	200
재생히터입구공기	333	32	70	21.1	200
재생히터출구공기	333	140	0.9	21.1	200

로터두께 200t



#### 2) 선정결과

데시칸트로터 G3-MH ø440\*200t  
재생히터 12kw

구 분	풍량 (CMH)	온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg')	압력손실 (pa)
처리출구공기	1,000	45.3	2.9	1.74	218
재생출구공기	333	62.5	26.4	38.48	250

### 3.4 흐름별 설계에 따른 처리출구와 제습량, 재생용량 비교검토 (단순참고용)

Table 1 Air flow patterns and their features 처리입구 20°C 50%, 외기 32°C 70%

흐름 구분	구 형	저온 재생형	에너지절약 퍼지형
흐름도			
개 요	1(재생):3(처리) 방식	1(재생)::1(처리)방식	1(재생):1(퍼지):3(처리)방식
특 징	처리공기와 재생공기를 1:3의 비율로 하여 별개의 계통으로 하여 처리와 재생을 분리하여 통과시킴으로 흐름이 간단.	처리공기 대 재생공기의 비가 1:1로 저온배열을 사용하는 경우 에너지절감효과가 뛰어나.	재생공기를 처리공기에서 분리하여 데시칸트제습로터의 퍼지존으로 통과시켜 재생배열 및 예냉을 이용
적 용	일반용, 고온출구가 필요한 공정에 적합, 응축제습기	배열이용 에너지절약용	에너지절약용, 저노점용
처리출구	45.3°C 1.74g/kg'	39.8°C 3.13g/kg'	34.4°C 2.4g/kg'
제습량/ 재생용량	6.67 kg/h 12kw	5.04kg/h 16kw	5.88 kg/h 10kw

드라이에코 프로그램에 의해 다양한 설계검토가 가능할 수 있었으며 적은 비용으로 큰 효과를 얻는 "한계효용의 법칙"을 실천할 수 있게 되어 설계자의 한사람으로 기쁘게 생각한다.

흐름에 따른 설계데이터는 경우의 수가 많으므로 참고만 바랍니다.

### 후 기

본고는 중소기업청 중소기업기술혁신과제인 "제습 소재(Desiccant)이용 고효율 건조기 (제습공조) 기술개발"의 일환으로 작성되었습니다.

### 참고문헌

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2004, HVAC Systems & Equipment, Chap. 22.
2. ASHRAE Journal, 2007, January, pp.34-49.
3. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2006, Humidity Control Design Guide, chap. 13, pp. 194-214
4. Seibu-giken co., ltd., Performance chart of U LTRA SSCR Dehumidifier