

Desiccant Cooling/Dehumidification

흡습냉각/제습

Definition

The use of chemical (or physical) absorption of water vapour to dehumidify air and reduce the latent cooling load in a building HVAC system.

정의

화학적(또는 물리적) 흡습제를 사용하여 공기를 제습하고 건물 공기조화시스템에서의 잠열냉방부하를 절감하는 것¹⁾

Building Use

- highrise office
- lowrise office
- highrise apartment
- arena

Building Type

- new
- retrofit

Development Status

- mature technology

적용건물

- 고층 사무실
- 저층 사무실
- 고층 아파트
- 경기장

건물종류

- 신축
- 리트로핏

개발단계

- 성숙된 기술

Description

Air conditioning systems are sized for a combination of two cooling loads: latent (air humidity) and sensible (cooling of space air). The latent cooling load can account for as much as 30% to 50% of air conditioning requirements. Conventional, refrigeration-based air conditioning is electrical-energy intensive, and is costly to install and to operate.

Desiccant dehumidification removes humidity from ventilation air. Thus, air conditioning requirements are reduced to meet the demands of sensible cooling and smaller air-conditioning plants are required. Smaller air-handling systems are also made possible.

Reducing humidity in the air handling system and the building spaces during the cooling season will improve indoor air quality by preventing condensation in equipment and reducing the growth and propagation of micro-organisms.

개요

건물의 공기조화시스템은 현열과 잠열, 두 가지의 냉방부하에 의해 그 용량이 결정된다. 잠열냉방부하는 공조용량의 30 ~ 50%를 차지하며, 일반적인 냉동기를 사용하는 공조시스템의 경우 전기에너지에 상당량을 의지하므로 설치와 유지관리에 많은 비용을 소모하게 된다.

화학적 흡습제는 환기되는 공기로부터 수분을 제거한다. 따라서 공조시스템은 현열냉방부하만을 담당하게 되고 작은 공조시스템 플랜트가 필요하게 된다. 작은 크기의 공조기를 만드는 것이 가능하다.

냉방기에 공조기와 실내의 습도를 줄이는 것은 기기의 결로를 방지하고 미생물의 성장과 번식을 억제함으로써 실내공기의 질을 향상시킬 수 있다.

1) 흡습제는 북창유리에도 사용된다. 작은 가공을 수역 개 갖고 있는 입자로 기체분자를 흡착하는 성질에 의해 밀폐공간에 건조상태를 유지하는 재료
<http://www.gunnet.co.kr/service/spec/s21%2801%29-1.htm>

Desiccant Cooling/Dehumidification

There are two types of desiccant systems: liquid(sorbent) and dry. Liquid desiccant systems remove more moisture from ventilation air than do dry desiccant systems ; the air produced by liquid desiccant systems, however, is warmer than the air produced by dry desiccant systems.

Liquid desiccant systems commonly use two chambers with air/liquid contact surfaces such as sprayed coils. In the conditioning chamber, ventilation air is dehumidified as the concentrated desiccant absorbs moisture from the air. In the regeneration chamber, building exhaust air is humidified as moisture is transferred from the dilute desiccant to the exhaust air. The exhaust air and/or desiccant is usually heated to promote desiccant regeneration. A desiccant pump, level controls and heat exchanger are typically included in the system.

Dry desiccant systems operate in a manner similar to liquid desiccant systems, but use a desiccant coating on a rotary enthalpy heat exchanger. Dry desiccant systems do not require energy for desiccant regeneration.

Information Sources

HVAC Systems and Equipment, 1996 ASHRAE Handbook, Chapter 22, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, 1971.

Tullie Circle NE, Atlanta GA
USA 30329-2305
tel 1 404 636 84003
www.ashrae.org

Contributing Expert

Richard Lay
Enermodal Engineering Ltd.
650 Riverbend Road
Kitchener ON

흡습시스템에는 액체식 흡습과 고체식 흡습(전열교환기)의 두 가지 종류가 있다. 고체식 흡습시스템에 비해 액체식 흡습시스템이 외기로부터 더 많은 습기를 제거한다; 그러나, 액체식 흡습시스템에 의해 처리된 공기는 고체식 흡습시스템에 의해 처리된 공기보다 온도가 더 높다.

일반적으로 액체식 흡습시스템은 분무코일과 같이 공기/액체의 접촉면을 가지는 두 개의 챔버를 사용한다. 흡습챔버에서는 챔버 내의 흡습제가 외기(환기)로부터 습기를 흡수하며 이에 따라 외기(환기)는 제습된다. 재생챔버에서는 희석된 흡습제로부터 배기공기로 수분전달이 이루어지며 이에 따라 건물에서 배출되는 공기는 가습된다. 배기와 흡습제는 일반적으로 흡습제의 재생을 촉진하기 위하여 가열된다. 흡습제 펌프, 수위제어장치 및 열교환기가 전형적인 시스템의 구성요소이다.

고체식 흡습시스템 역시 액체식 흡습시스템과 유사하게 운전되지만, 회전형 전열교환기 표면에 흡습제 코팅을 입힌다는 것이 다른 점이다. 또한, 고체식 흡습시스템은 흡습제의 재생에 에너지를 필요로 하지 않는다.

자료출처

HVAC Systems and Equipment, 1996 ASHRAE Handbook, Chapter 22, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, 1971.

Tullie Circle NE, Atlanta GA
USA 30329-2305,
tel 1 404 636 84003
www.ashrae.org

전문업체

Richard Lay
Enermodal Engineering Ltd.
650 Riverbend Road
Kitchener ON

Desiccant Cooling/Dehumidification

Canada N2K 3S2
tel 1 519 743 8777
fax 1 519 743 8778
rlay@enermodal.com

Canada N2K 3S2
tel 1 519 743 8777
fax 1 519 743 8778
rlay@enermodal.com

Benefits

- Reduces the energy (electricity) required to dehumidify and cool ventilation air
- Reduces condensation and the growth of molds
- Improves the efficiency of refrigeration equipment by operating at a higher evaporator temperatures and higher COP
- Permits alternative approaches to air conditioning
- Reduces the space required for central air-handling equipment and ducts

Limitations

- Higher initial cost
- Most cost-effective in large buildings with central HVAC equipment
- Most cost-effective where the cost of regeneration energy (for example, natural gas) is much lower than the cost of refrigeration energy (electricity)

Application

Desiccant cooling systems are best suited to health-care buildings where healthy indoor air is critical, and to buildings housing humidity-sensitive processes, for example, microelectronics, photography, printing and archiving.

Desiccant cooling may be practical for office buildings in southern and coastal Canada with central air handling systems; in these buildings, dehumidification can offset the cost of other system components. These systems may also be advantageous when increased ventilation requirements will exceed the capacity of the existing chiller.

장 점

- 제습 및 외기(환기)예냉에 필요한 전기에너지 절감
- 결로 발생과 곰팡이 성장 억제
- 높은 증발온도와 COP 조건에서 운전되므로 냉동기기 효율 향상
- 공기조화의 대안으로 접근 가능
- 중앙식 공조기기와 덕트 점유면적 축소

문제점

- 높은 초기투자비
- 중앙식 공기조화시스템을 갖춘 대형 건물에서 가장 비용 효율적
- 재생에너지(천연가스 등)의 비용이 냉방에너지(전력) 비용에 비해 훨씬 적은 경우에 한해 가장 비용효율적

적용방안

흡습냉각 시스템은 실내공기의 질이 중요한 건물과 습도에 민감한 처리공정을 가지는 용도의 건물(극소전자공학, 사진학, 인쇄, 수장고 등)에 가장 적절하다.

흡습냉각은 캐나다 남부 혹은 해안지방에 위치한 중앙식 공조시스템을 갖춘 사무소 건물에 적용할 수 있다; 이러한 건물의 경우 제습은 다른 시스템 요소의 추가비용을 보상할 수 있다. 또한, 이러한 시스템은 기존의 냉동기 용량보다 외기환기부하가 더 클 때 이익을 가져올 수 있다.

Desiccant Cooling/Dehumidification

Desiccant cooling is not suitable for small unitary systems, except where heat recovery is already going to be provided and the upgrade cost to a desiccant-coated heat wheel is small. The use of desiccant cooling is not practical when latent cooling loads are low, for example, in the Prairies and northern Canada.

Experience

Liquid and dry desiccant dehumidification systems have been used for decades for hospitals and industrial applications, but have not been widely applied to commercial buildings because of high initial cost. Most reported installations are in office buildings and supermarkets in the USA. In Canada, most applications seem to be as rotary heat exchange wheels which are widely used because of benefits during the heating as well as cooling season. However, the total enthalpy wheel will not remove 100% of the building latent load.

Cost

Liquid desiccant system, 3700L/second, controls, no fans, no post cooling : C\$20/L/s

Total enthalpy wheel, 5000 L/s, controls, no fans : C\$4/L/s

Example Manufacturers

Kathabar
PO Box 791
New Brunswick NJ
USA 08903
tel 1 800 524 1370
fax 1 732 356 0643
www.kathabar.com

열회수장치가 기존에 설치되어 있고 흡습제가 코팅된 전열교환기로의 개선비용이 적은 경우를 제외하고는 소규모의 단일시스템에 흡습냉각을 적용하는 것은 적합하지 않다. 또한, 캐나다 북부 평원지역과 같이 잠열냉방부하가 낮은 경우에도 흡습냉각의 사용은 실용적이지 못하다.

사 례

지난 수십년간 액체식 및 고체식 제습시스템은 병원과 산업용 건물에서 사용되어 왔으나, 높은 초기투자비로 인해 일반 상업용 건물로 적용범위가 확산되지 못했다. 미국의 경우는 사무소 건물과 슈퍼마켓에 설치되고 있으나, 캐나다의 경우, 냉난방 계절에 상관없이 장점을 가지는 회전형 전열교환기가 널리 사용되는 것으로 나타났다. 그러나, 전열교환기는 건물의 잠열부하를 100% 제거하지 못한다.

비 용

3700L/second 용량의 제어장치를 갖춘 액체식 흡습시스템을 채택하는 경우, 팬과 재냉시스템을 제외하고 C\$20/L/s의 비용이 소요되며, 5000L/s 용량의 제어장치를 갖춘 회전형 전열교환기를 채택하는 경우, 팬을 제외하고 C\$4/L/s의 비용이 소요된다(흡습냉각시스템이 용량이 적음에도 약 5배 고가).

제조업체

Kathabar
PO Box 791
New Brunswick NJ
USA 08903
tel 1 800 524 1370
fax 1 732 356 0643
www.kathabar.com

Desiccant Cooling/Dehumidification

HTS Engineering
115 Norfinch Drive
North York ON
Canada M3N 1W8
tel 1 416 661 3400
www.htseng.com

HTS Engineering
115 Norfinch Drive
North York ON
Canada M3N 1W8
tel 1 416 661 3400
www.htseng.com

Engelhardt/ICC
330 South Warminster Road
Hatboro PA
USA 19040
tel 1 215 625 0700 ext 320

Engelhardt/ICC
330 South Warminster Road
Hatboro PA
USA 19040
tel 1 215 625 0700 ext 320

Seasons-4
4500 Industrial Access Road
Douglasville GA
USA 30134
tel 1 770 489 0716

Seasons-4
4500 Industrial Access Road
Douglasville GA
USA 30134
tel 1 770 489 0716

New Thermal Technologies
12900 Automobile Blvd, Suite 5
Clearwater FL
USA 33762
tel 1 813 571 1888

New Thermal Technologies
12900 Automobile Blvd, Suite 5
Clearwater FL
USA 33762
tel 1 813 571 1888

Munters/Cargoaire
79 Munroe Street
Amesbury MA
USA 01913
tel 1 508 388 0600
www.munters.com

Munters/Cargoaire
79 Munroe Street
Amesbury MA
USA 01913
tel 1 508 388 0600
www.munters.com

[보충자료1] 관련연구 및 제품사례

•국내 관련연구²⁾

여름철 쾌적한 실내조건을 유지하기 위하여 실내 공기를 냉각/제습한다. 냉방시 공기의 처리과정인 그림1에서 실내공기 1과 외기 3이 혼합하여 상태 2가 된다. 상태 2의 공기는 상태 4로 유지된 냉각코일의 표면과 접촉하면서 냉각/제습된다. 공기 중의 일부는 바이패스되므로 출구상태는 5가 된다. 실내의 현열 및 잠열을 처리하기 위한 급기의 상태는 6이 요구되므로 상태 5에서 6까지의 재열 과정이 추가로 필요하다. 가장 보편적인 이 방식은 과도한 냉각과 재열이 필요하므로 에너지소비가 많은 단점이 있다.

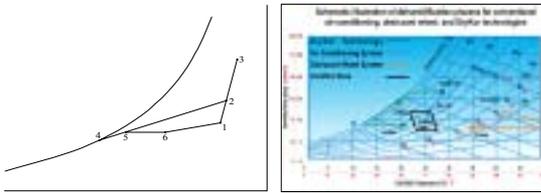


그림1. 습공기선도상의 공기조화 과정

그림2는 일반적인 공조 개략도이다. 공조기에서 실내공기와 외기가 혼합되어 냉각코일에서 냉각/제습된 후 가열코일에서 가열된다.

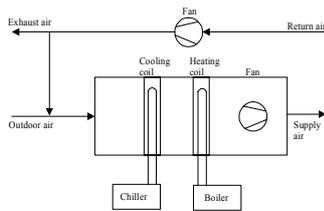


그림2. 기존 공기조화 장치

이에 반하여 열펌프 이용 액체식 제습냉방은 원하는 급기조건을 직접 생성하므로 과도냉각 또는 재열과정이 필요없게 된다. 열펌프 이용 액체식 제습냉방은 그림1의 상태 2에서 6으로 직접 도달하는 방식으로 기존의 냉각/제습방식에 비하여 에너지소비가 대폭 감소한다.

그림3은 열펌프 이용 액체식 제습냉방장치의 개략도이다. 고농도의 염화리튬용액은 증발기를 통

과하면서 냉각된다. 냉각된 고농도의 염화리튬용액은 냉각/제습장치의 상부에서 작은 액적으로 분사되면서 하부로부터 상부로 향하는 처리공기와 열 및 물질 전달을 한다. 이 때 공기의 온도는 낮아지고 공기 중의 수분은 염화리튬용액에 흡수된다. 처리공기와 염화리튬과의 열/물질 전달을 최대화하기 위하여 내부 구조는 단위체적당 표면

적이 넓은 구조를 갖는다. 수분을 흡수하면서 저농도가 된 염화리튬용액은 냉각/제습장치의 하부에 모이며, 용액의 재생을 위해 재생기로 보내진다. 이 때 재생기로부터 오는 고농도의 염화리튬용액은 온도가 높으므로 열회수를 위하여 이 용액과 열교환을 시킨다. 저농도의 염화리튬용액은 열펌프의 응축기를 통과하면서 온도가 상승하여 용액 내의 평형 수증기 분압이 상승한다. 이 고온, 저농도의 염화리튬용액은 재생기의 상부에서 분사하면서 외기의 재생공기와 열/물질 교환을 하면서 용액 내의 수분을 공기 중으로 배출시키면서 다시 고농도의 염화리튬용액이 된다. 재생기 역시 용액과 공기와의 접촉 면적을 증가시키기 위하여 단위체적당 표면적이 넓은 구조를 갖는다. 외기는 고온, 저농도의 염화리튬용액과 접촉하면서 온습도가 상승하여 다시 외기로 배출된다.

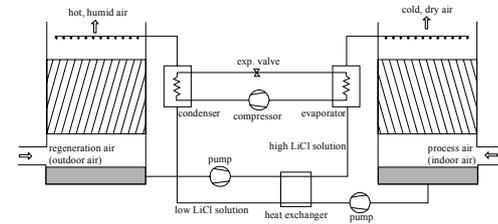


그림3. 열펌프 이용 액체 제습식 냉방 장치의 개략도

두 방식의 소요열량 비교를 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 실내 25℃/50%. 외기 35℃/40%, 현열비 0.6, 냉각코일 B.F. 0.2, 환기율 30%로 냉방시 가장 일반적인 조건을 가정하였다.

$$\text{Bypass factor, } BF = \frac{h_5 - h_4}{h_3 - h_4}$$

$$\text{환기율, } \lambda = \frac{h_3 - h_1}{h_2 - h_1}$$

기존 방식은 냉각열량 $q_L = h_3 - h_5$ 과

2) 김영일, 열펌프 이용 액체 제습식 냉방, KIST

Desiccant Cooling/Dehumidification

재열열량 $q_{RH} = h_6 - h_5$ 을 포함한 열량이 필요하며, 열펌프 이용 액체 제습식 냉방 방식은 $q_{HP} = h_3 - h_6$ 의 열량이 필요하다.

$$q_L = h_3 - h_5 = 56.67 - 34.76 = 21.91 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{RH} = h_6 - h_5 = 40.54 - 34.76 = 5.77 \text{ kJ/kg}$$

기존방식,

$$q_{1, total} = q_L + q_{RH} = 21.91 + 5.77 = 27.68 \text{ kJ/kg}$$

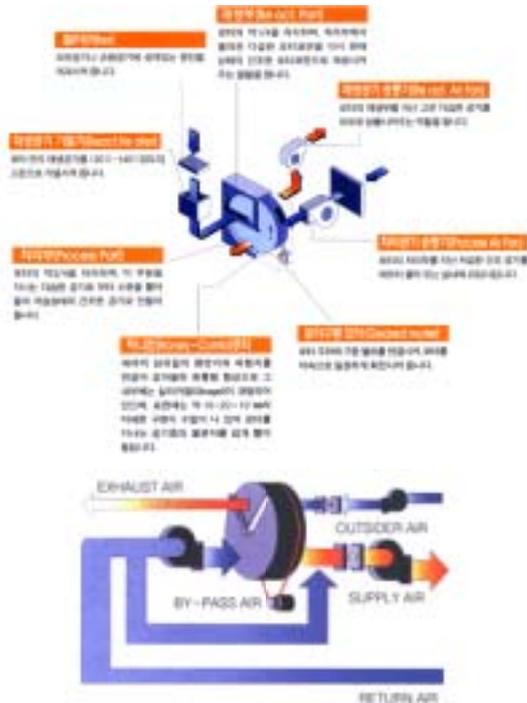
열펌프 액체 제습 방식,

$$q_{2, total} = h_3 - h_6 = 56.67 - 40.54 = 16.14 \text{ kJ/kg}$$

시뮬레이션 결과, 기존 방식은 27.68 kJ/kg, 열펌프 액체식 제습냉방은 16.14 kJ/kg의 열량으로 41.7%의 열량이 감소된다.

•국내 제품사례(고체식 항온제습기)³⁾

·제품의 원리



- ① 제습하고자 하는 실내에 설치되어, 연중 일정한 습도와 온도로 유지
- ② 건식제습기와 애프터 쿨러(After Cooler)가 내장된 구조로 되어, 제습기에서는 습도를,

3) <http://www.jubatech.co.kr/>

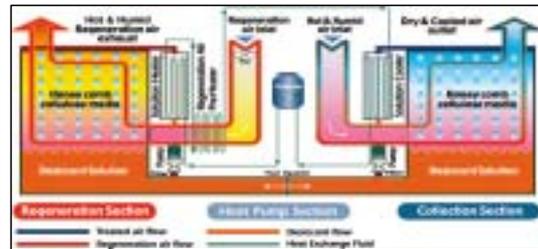
- 애프터 쿨러에서는 온도를 제어
- ③ 외기는 실내에서 순환되어 들어온 공기와 합쳐진 후, 애프터 쿨러를 지나면서 적정 조건의 온도로 냉각되어 실내로 취출
- ④ 이러한 과정에 의해 적정 온.습도 조건으로 처리된 공기는 실내를 순환하면서 온.습도 분포를 일정하게 제어
- ⑤ 국부적인 습도조절보다는 다량의 순환공기로 실내전체에 걸쳐 온습도분포를 항상 일정하게 유지시켜 주는 항온/제습기능 수행

•제품의 외관

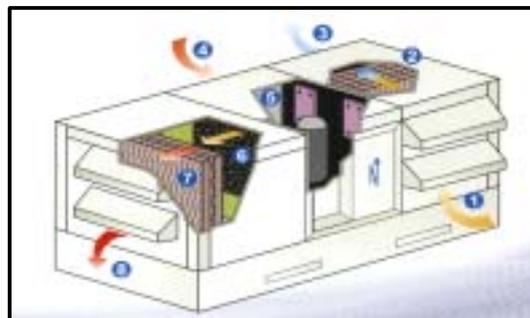


• 국외 제품사례(액체식 제습형 히트펌프)⁴⁾

·제품의 원리



·제품의 흐름도



- ① 외기 또는 환기
- ② 공기는 벌집모양 셀룰로오즈 상부의

4) <http://www.drykor.com/dry.html>

Desiccant Cooling/Dehumidification

- 액체식 제습챔버에서 여과, 향균, 제습, 냉방
- ③ 취출공기(공조상태)
- ④ 재생챔버용 외기인입
- ⑤ 제어와 히트펌프외 부속품
- ⑥ 재생챔버 인입공기는 응축기에 의해 가열
- ⑦ 재생챔버의 가열공기는 수분을 흡수
- ⑧ 수분을 흡수한 습한 공기를 외부로 배출

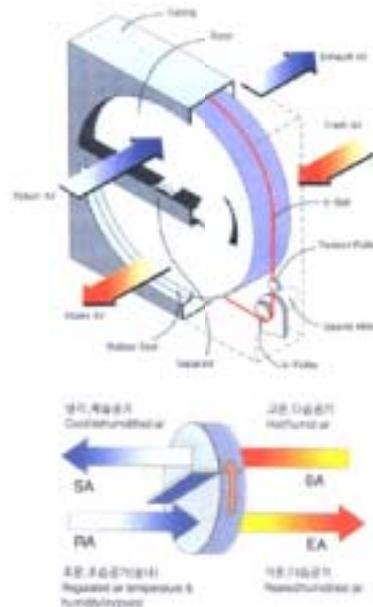
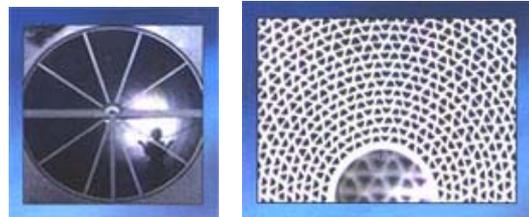
·제품의 외관



[보충자료2] 회전형 전열교환기⁵⁾⁶⁾

•원리 및 형상

로터가 7~10rpm의 느린 속도로 회전하면 로터의 중심선상에 있는 분리판에 의하여 구획되는 배기존과 급기존의 로터 안으로 온도와 습도가 서로 다른 급기와 배기가 각각 1~5m/s의 속도로 통과하는데 이때 공기가 가지고 있는 전열은 배기존에서 반회전하는 동안 로터의 하니컴벽에 흡수되고 급기존에서는 반회전하는 동안 급기중에 방출된다. 이러한 작용을 되풀이함으로써 높은 효율을 가지는 전열교환결과를 가질 수 있다.

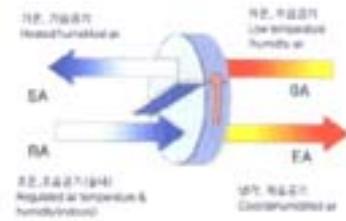


여름철

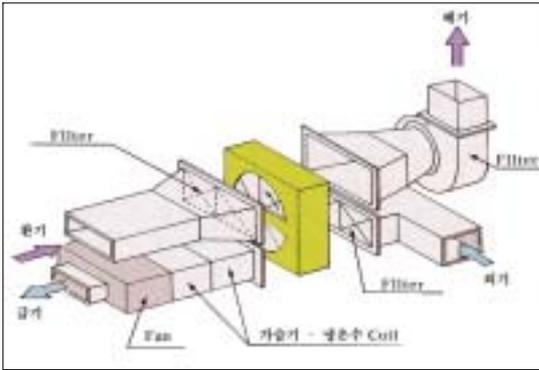
5) 중앙대학교 건축환경연구소, 건축설비특론-Heat Exchanger, 1996.

6) <http://www.jubatech.co.kr/>

Desiccant Cooling/Dehumidification



겨울철



수 있다.

- ⑨ 전열교환기는 외기상태의 급변에 따른 영향을 경감시키므로 공조장치가 간단해지며 필요한 제어치를 유지하기가 쉽다. 많은 양의 외기를 필요로 하는 실험실 같은 경우 특히 적합하다.
- ⑩ 외기부하를 절감시키므로 공조기의 운전비가 절감되고 외기공급량을 3~4배 증가시킬 수 있다.
- ⑪ 공조기용 열교환기는 급기가 포화상태까지 냉각되고 다시 0℃이하로 냉각되면 결로 또는 결빙으로 인하여 공기의 통과를 방해하거나 부품을 파괴하는 일이 있으나 전열교환기는 그러한 염려를 감소시킬 수 있다.
- ⑫ 공조기 열교환기의 외기로 인한 동파를 방지할 수 있다.
- ⑬ 건물을 증축하였을 때 전열교환기만으로 기존 공조설비의 증설없이 대개의 경우 냉난방을 행할 수 있다.

• 특 징

- ① 로터의 화학처리에 의해서 현열과 잠열을 동시에 높은 효율로 회수할 수 있다.
- ② 환기로 인한 손실률을 75~93%까지 회수하며 그에 따른 외기부하의 절감으로 냉동기 및 보일러의 시설용량을 절감시킬 수 있다.
- ③ 폐열회수는 물론 극히 적은 동력으로 외기를 처리할 수 있으므로 환기장치 냉난방장치의 운전비가 대폭 절감된다.
- ④ 여름철에는 급기를 예냉, 제습하며, 겨울철에는 예열, 가습한다.
- ⑤ 봄, 가을에는 전열교환기만의 운전으로 실내온도를 일정하게 유지한다.
- ⑥ 구조가 간단하고 가동부분이 적기 때문에 반영구적으로 사용할 수 있다.
- ⑦ 전열교환기를 사용하면 환기로 인한 열손실의 거의 없게 되므로 적극적으로 대량의 환기를 필요로 하는 공장, 대중오락장, 지하상가, 병원, 호텔 등에 적합하다.
- ⑧ 전열교환기를 급기시스템에 사용하면 외기의 예열, 예냉, 가열, 제습 등을 전열교환기가 수행함으로 이에 소요되는 에너지를 절약할