

# 냉동

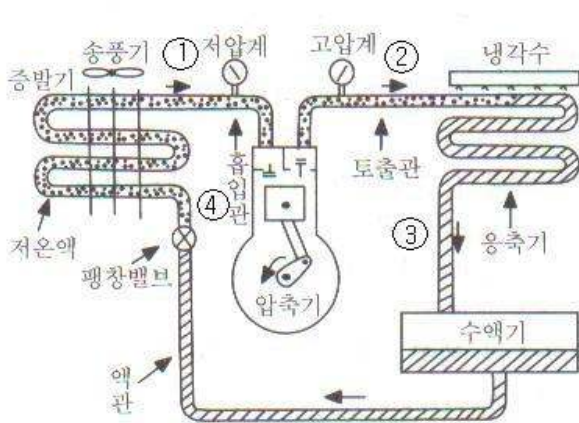
## <냉동 사이클>

### 1. 개요

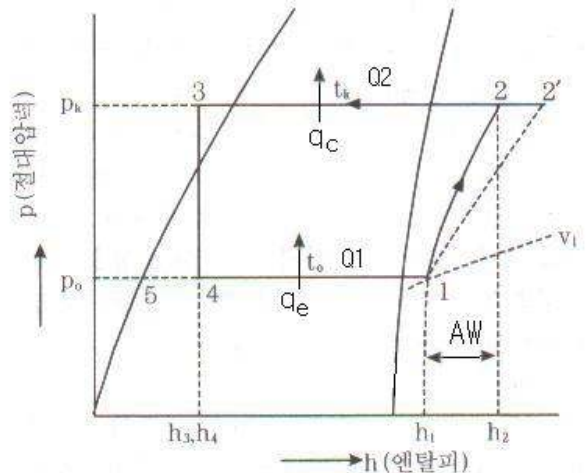
- (1) 냉동 사이클 : 어떤 상태에서 출발하여 최초의 상태로 되돌아오는 과정에서 냉각 작용을 하는 사이클
- (2) 구성 :
  - 압축기, 응축기 팽창밸브, 증발기로 기본 구성
  - 기체, 액체, 온도, 압력의 상태가 변화하면서 순환
- (3) 종류 :
  - 증기 압축 냉동 사이클
  - 흡수 냉동 사이클

### 2. 증기 압축 냉동 사이클

- (1) 구성 및 작동 원리



기본적인 기계식냉동장치



단단 냉동사이클의 p-h선도

① 증발 과정 (④→①)

- ㉠ 액체 → 기체(증발), 증발 잠열에 의해 주위열 흡수( $q_e$ )
- ㉡ 등온 팽창, 등압 과정
- ㉢ 증발 압력을 낮게 하면 낮은 증발 온도 얻을 수 있다  
(증발 압력  $\propto$  증발 온도)

② 압축 과정 (①→②)

- ㉠ 증발된 가스를 단열 압축하여 고온 고압 가스 (등엔트로피 과정)
- ㉡ 압축기에 흡입된 증기는 실린더 안에서 피스톤에 의해 응축 압력 ( $P_c$ )까지 압축된다. ( $AW$  : 압축일, kcal/h)
- ㉢ 토출 가스중에 포함된 압축기 윤활유 대부분은 유분리기에서 분리됨

③ 응축 과정 (②→③)

- ㉠ 고온 고압 가스 → 고압 액체 (등온, 등압 과정)
- ㉡ 응축 열량( $q_c$ ) 방출 → 엔탈피 감소  
응축 열량  $q_c = q_e(\text{증발열량}) + AW(\text{압축일})$

④ 팽창밸브 (③→④)

- ㉠ 액화된 냉매를 증발기에 보내기 전에 증발이 쉽도록 압력을 내리는 작용과 함께 냉매 유량 조정 기능도 함
- ㉡ 단열 팽창 (등엔탈피 과정, 외부와의 열 출입 없다)
- ㉢ 고압의 액냉매 → 저압의 습포화 증기

(2) 냉동기의 성적계수 (COP)

- ① 냉동기나 열펌프의 성능을 표시하는 무차원수
- ② 소비 에너지와 출력의 비
- ③ 냉동기 성능 계수(또는 성적계수, 동적 계수) : COP

- 냉동 효과 : 증발기에서 냉매 1kg이 주위로부터 흡수하는 열량

$$q_e = h_1 - h_4 : \text{냉동효과}$$

$$AW = h_2 - h_1 : \text{압축일}$$

$$COP_R = \frac{q_e}{AW} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{Q_1}{AW} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

④ Heat Pump 성적 계수 (HCOP)

$$q_c = h_2 - h_3 : \text{방출열량}$$

$$COP_H = \frac{q_c}{A_w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = COP_R + 1$$

(3) 증기 압축 냉동 사이클의 종류

- ① 단단 압축 냉동 사이클

- 일반적으로 냉매의 증발 온도가 대략  $-25^{\circ}\text{C}$ 인 냉동 장치에 사용
- 냉동 능력 :  $R = \text{냉매량} \times \text{냉동효과} = q_{mrv} \cdot (h_1 - h_4)$
- 이론 축동력 :  $P_{th} = q_{mrv} \cdot (h_2 - h_1)$
- 실제 축동력 :  $P = \frac{q_{mrv} \cdot (h_2 - h_1)}{\eta_s \cdot \eta_m} = \frac{q_{mrv} \cdot (h_2' - h_1)}{\eta_m}$

여기서,  $\eta_s$  : 압축기의 압축 효율  
 $\eta_m$  : 압축기의 기계 효율

- 압축기의 압축 효율 :  $\eta_s = \frac{\text{이론 } \Delta h}{\text{실제 } \Delta h} = \frac{h_2 - h_1}{h_2' - h_1}$
- 체적 효율( $\eta_v$ )  $q_{mrv} = \frac{\text{피스톤 압축량} \times \text{체적효율}}{\text{비체적}} = \frac{q_{vr} \cdot \eta_v}{v_1}$

## ② 단단 압축, 다팽창 냉동 사이클

- ㉠ 종류 : 2단압축 1단팽창, 2단압축 2단팽창, 3단 압축 사이클 외
- ㉡ 사용 목적

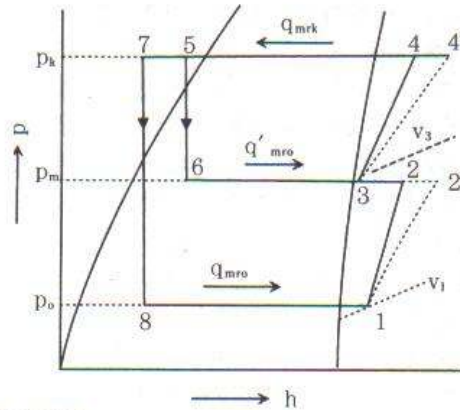
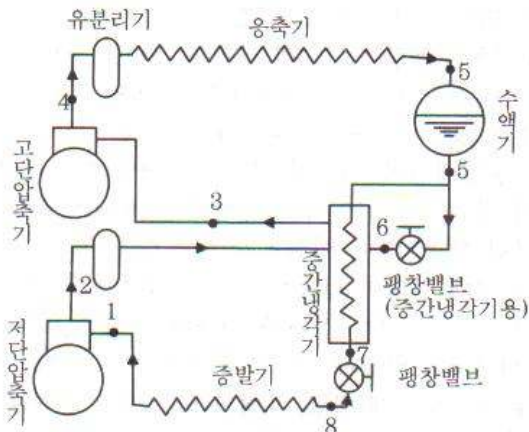
- 압축비 증대에 의한 압축 효율 저하(동력비 증대, 성능계수 저하) 방지
- 윤활유 열화 현상 예방 (압축비 $\uparrow$   $\Rightarrow$  토출가스온도 $\uparrow$ )
- $-30^{\circ}\text{C}$  이하의 낮은 증발 온도를 얻고자 할 때  
 (2단 압축 :  $-30 \sim -70^{\circ}\text{C}$ , 3단 압축 :  $-70^{\circ}\text{C}$  이하)

### ㉢ 장점 (동일 증발온도와 응축온도의 단단 냉동사이클 대비)

- 압축비 감소  $\rightarrow$  압축 효율 저하 방지
- 압축기 토출 가스의 온도 상승 방지

### ㉣ 2단 압축 1단 팽창 사이클

- 응축된 고압액 일부( $q'_{mro}$ )를 팽창시켜 중간 냉각기로 유입  
 ( $q'_{mro}$ 는  $q_{mro}$ 의 약 20~30% 정도)
- 중간 냉각기
  - 응축된 고압액을 2차 응축(과냉각)시킴 : ⑤ $\rightarrow$ ⑦ 과정
  - $q'_{mro}$ (바이패스 팽창액)와  $q_{mro}$ (증발후 저압 팽창된 냉매 증기)를 혼합시킴 : ⑥ $\rightarrow$ ③ $\leftarrow$ ②
  - $q'_{mro}$ 와  $q_{mro}$ 가 혼합되면서 중간압력, 중간온도로 열평형



2단 압축 1단 팽창 냉동사이클

- 증발기의 냉동 능력 :  $R_o$  (kW)

$$R_o = q_{mro} (h_1 - h_8) \quad q_{mro} : \text{증발기의 냉매순환량(kg/h)}$$

$$q_{mro} \{ (h_5 - h_7) + (h_2 - h_3) \} = q'_{mro} (h_3 - h_6)$$

- 성능 계수 : COP

$$COP = \frac{q_{mro} (h_1 - h_8)}{q_{mro} (h_2 - h_1) + q_{mrk} (h_4 - h_3)}$$

$$= \frac{(h_1 - h_8)}{(h_2 - h_1) + \left( \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6} \right) (h_4 - h_3)}$$

- 압축기 총동력, 피스톤 압축량

$$\text{피스톤 압축량}(m^3/h) \quad (\text{고단}) \quad q_{vrk} = \frac{q_{mrk} \cdot v_3}{\eta_{vk}}$$

$$(\text{저단}) \quad q_{vro} = \frac{q_{mro} \cdot v_1}{\eta_{vo}}$$

$$P(kw) = \text{저단 압축기 동력} + \text{고단 압축기 동력}$$

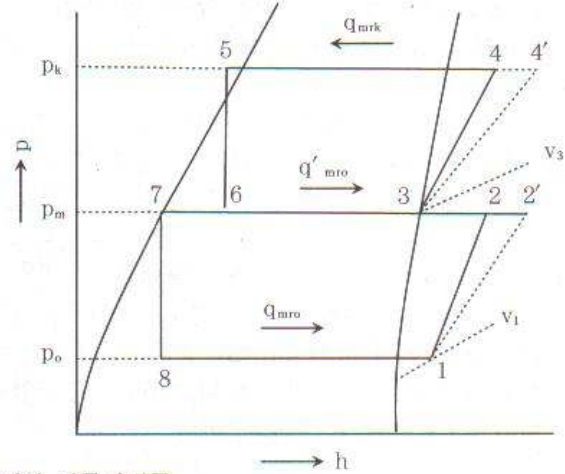
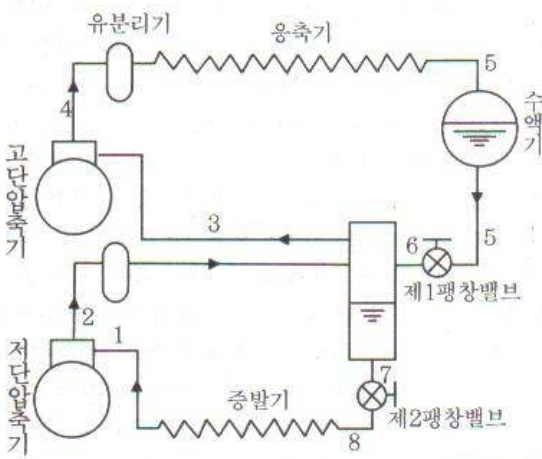
$$= \frac{q_{mro} (h_2 - h_1)}{\eta_{so} \cdot \eta_{mo}} + \frac{q_{mrk} (h_4 - h_3)}{\eta_{sk} \cdot \eta_{mk}}$$

여기서,  $v_1, v_3$  : 저단 및 고단 비체적  
 $\eta_{vo}, \eta_{vk}$  : 저단 및 고단 체적 효율  
 $\eta_{so}, \eta_{sk}$  : 저단 및 고단 압축 효율  
 $\eta_{mo}, \eta_{mk}$

- 이론상 고단, 저단 압축기의 압축비가 균등하게 될 때 COP가 최고값이 됨

$$\frac{P_m}{P_o} = \frac{P_k}{P_m} \Rightarrow P_m = \sqrt{P_k \cdot P_o}$$

㉞ 2단 압축 2단 팽창 냉동 사이클



2단 압축 2단 팽창 냉동사이클

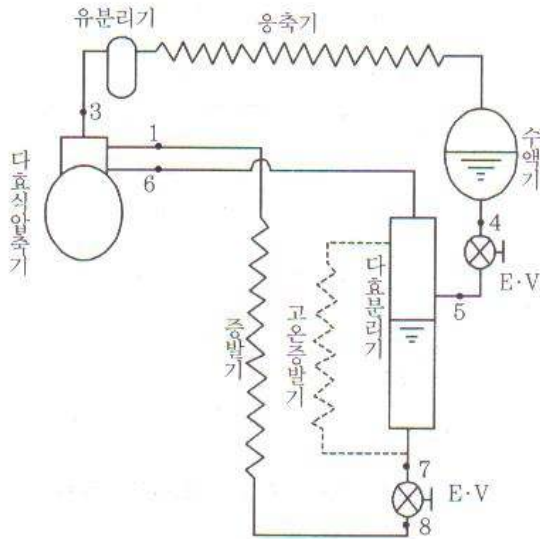
- 응축기를 거친 냉매 전량( $q_{mrk}$ )을 제1팽창밸브(중간냉각용 팽창밸브)에 의해 중간 압력까지 팽창시키고, 그 중 상당량( $q_{mro}$ )을 다시 제2팽창밸브(증발기용)로 감압해서 증발기로 보내는 냉동 사이클
- 냉동능력, COP, 총동력, 중간압력 등은 2단 압축 1단 팽창 냉동 사이클과 모두 동일함
- 냉동효과가 1단 팽창보다 조금 크고 성능계수도 약간 좋아짐 (증발기 팽창밸브 직전의 엔탈피  $h_8$ 이 2단 압축 1단 팽창 사이클보다 작음)
- 콤파운드 압축기
  - 고속 대기통 압축기에서 기통수를 저단측과 고단측으로 분리해 놓아서, 1대의 압축기로 2단 압축기 역할을 동시에 하는 압축기를 말함
  - 저단, 고단 압축기 분리 설치 방식보다 설치 면적도 적고 배관도 간단해 현재 대부분 콤파운드 압축기 적용함
  - 기통수 : 저단, 고단 압축기의 피스톤 압축량의 비율

$$\text{기통수 } \alpha = \frac{\text{저단 피스톤 압축량}}{\text{고단 피스톤 압축량}} = \frac{q_{vro}}{q_{vrk}} \quad (\leftarrow \text{보통 } 2 \sim 3 \text{ 정도})$$

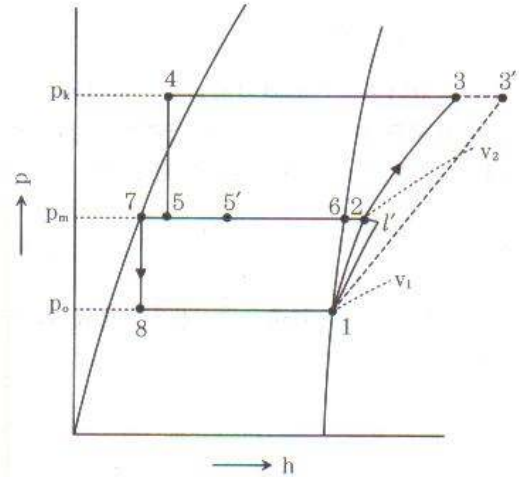
㉟ 다효 냉동 사이클

- 수액기와 증발기 사이에서 고압액을 1차 팽창하고 증기 분리후, 다시 중압의 냉매액을 팽창시켜 증발

- 팽창밸브 통과 직후 증기 발생율이 높은 냉매일(탄산가스, 프레온계) 경우 성능계수 향상 (압축비 적어 압축 효율 및 COP 향상됨)
- 실제에서는 단단 냉동사이클보다 증발 온도가 낮을수록 다효식의 냉동 효율이 좋다



다효냉동사이클



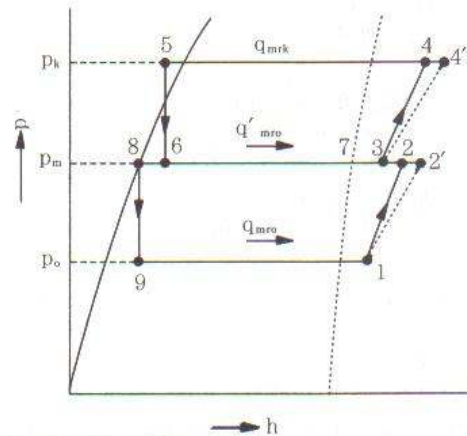
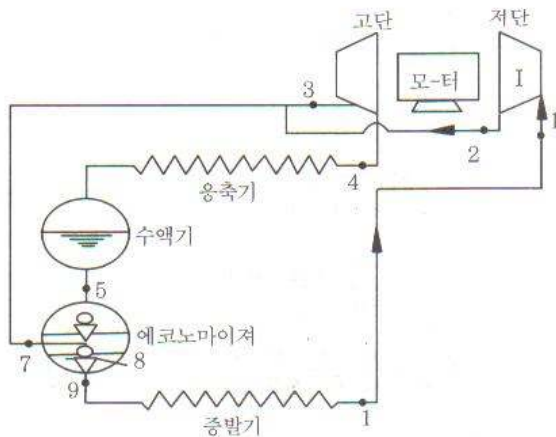
- 냉동효과 :  $r' = (1 - x_5)(h_1 - h_8)$

여기서,  $x_5$ : 다효분리기에서 발생한 냉매 증기량(kg/kg)

- 필요 열량 :  $w = h_3 - h_2 + Av_2(P_m - P_o)$

④ 에코노마이저식 냉동 사이클

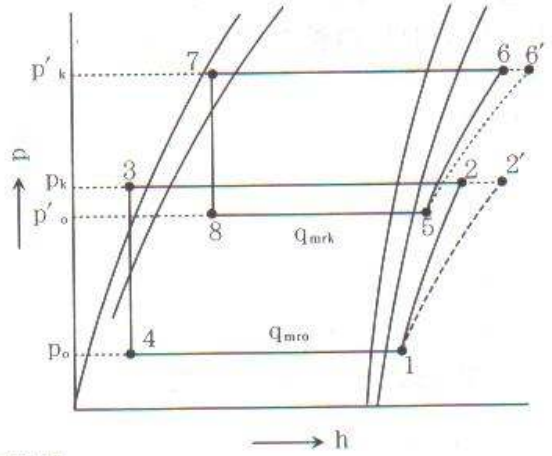
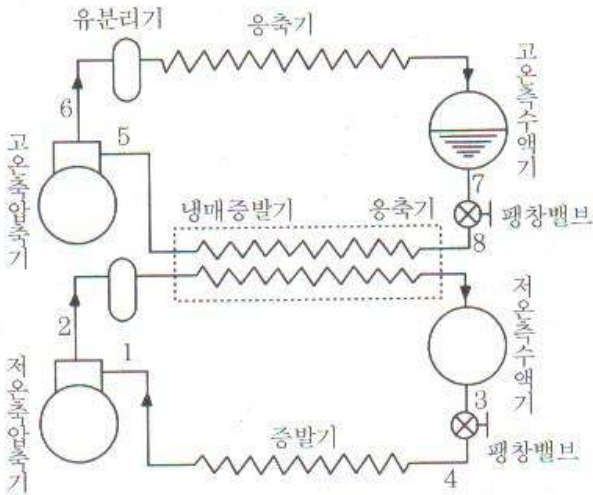
- 2단 압축 이상의 원심 냉동기에서는 보통 각 단마다 에코노마이저를 설치하여 성능계수 향상시킴
- 1단에서 압축된 냉매 증기와 에코노마이저에서 중간압까지 팽창할 때 발생하는 증기를 함께 혼합해 2단 압축 실시



에코노마이저식 2단압축 원심냉동사이클

⑤ 2원 냉동 사이클

- 냉매가 다른 2개의 냉동 사이클을 조합해서 저온(-120°C 정도)을 얻는 냉동 사이클
- 고온측의 냉동장치 증발기와 저온측의 응축기를 열교환시켜 저온측의 냉매를 응축시킴



2원 냉동장치

- 저온측 냉매 순환량 :  $q_{mro} = \frac{R_o}{h_1 - h_4}$
- 고온측 냉매 순환량 :  $q_{mrk}(h_5 - h_8) = q_{mro}(h_2 - h_3) = \frac{R_o(h_2 - h_3)}{h_1 - h_4}$

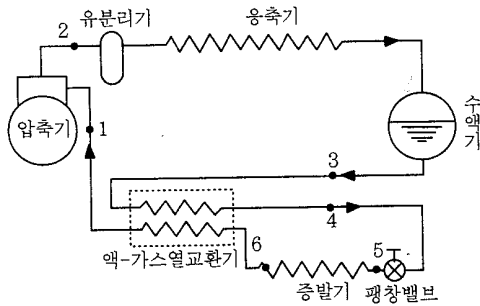
$$q_{mrk} = \frac{R_o(h_2 - h_3)}{(h_5 - h_8) \cdot (h_1 - h_4)}$$

- 저온측 사이클 필요 동력 :  $P_o = \frac{R_o(h_2 - h_1)}{(h_1 - h_4)}$
- 고온측 사이클 필요 동력 :  $P_k = \frac{R_o(h_2 - h_3) \cdot (h_6 - h_5)}{(h_5 - h_8) \cdot (h_1 - h_4)}$

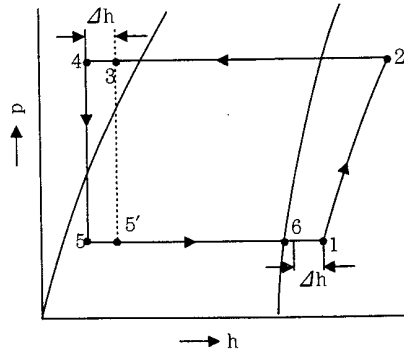
$$\begin{aligned}
 \text{- 총 필요동력 : } P &= P_o + P_k \\
 &= \frac{R_o(h_2 - h_3)}{(h_1 - h_4)} \left( (h_2 - h_1) + \frac{(h'_2 - h_3) \cdot (h_6 - h_5)}{(h_5 - h_8)} \right)
 \end{aligned}$$

- R13과 R14를 이용해 더 낮은 저온을 얻으려 할 때는 고온측을 2단 압축 방식으로 한 2원 냉동 사이클이 전력 절약상 유리함

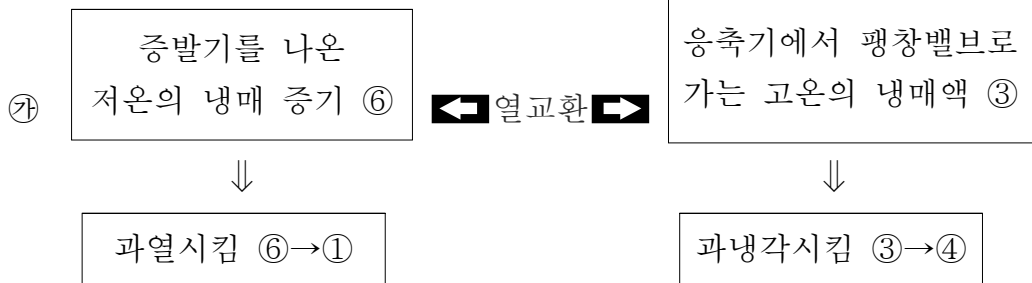
⑥ 액-가스 열교환기 부착 냉동장치



액-가스 열 교환기부착 냉동장치



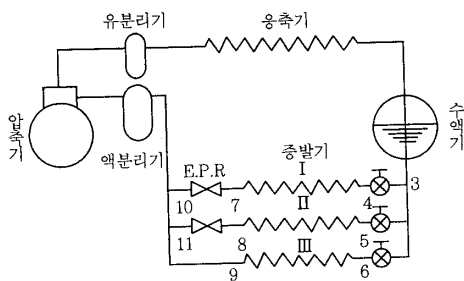
액-가스 열교환기부착 냉동사이클



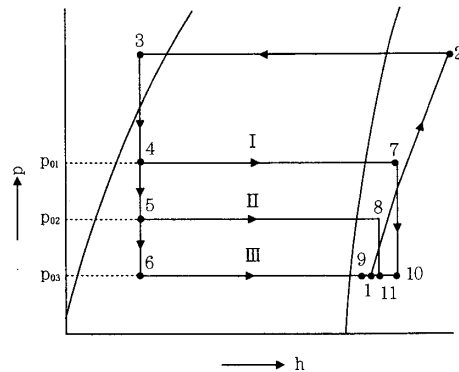
㉞ 장점

- R134a와 같은 냉매는 비열비( $C_p/C_v$ )가 작기 때문에 압축기의 흡입증기가 과열되어 있는 편이 성능계수가 크게 될 뿐만 아니라, 압축기의 토출가스도 염려될만큼 높게 되지는 않음
- 냉매를 공기 냉각기용 증발기에서 과열시키는 것보다 별도의 액-가스 열교환기를 설치하는 것이 열교환 면적을 절감할 수 있음
- R22를 사용하는 냉동장치에서 압축기의 액압축(liquid back) 현상을 예방할 수 있음

㉟ 증발온도가 다른 2대 이상의 증발기에 압축기가 1대인 냉동장치



증발온도가 다른 2대 이상의 증발기에 압축기가 1대인 냉동장치



증발온도가 다른 2대 이상의 증발기에 압축기가 1대인 냉동장치

- 실내에 설치된 여러대의 증발기의 냉방 운전 조건(증발온도)이 다를 경우 증발기 출구쪽에 증발압력조정밸브(EPR)를 설치
- 압축기는 각각의 증발기의 운전상태에 따라 다단운전하거나 회전수 비례제어를 통해 동력비를 절감하는 운전 방식이 적용

- 증발기 냉매 순환량 :  $q_{mr1} = \frac{R_{o1}}{h_7 - h_4}$ ,  $q_{mr2} = \frac{R_{o2}}{h_8 - h_5}$

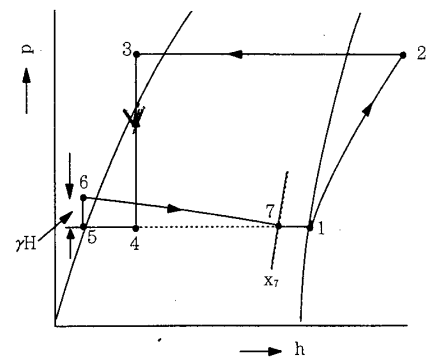
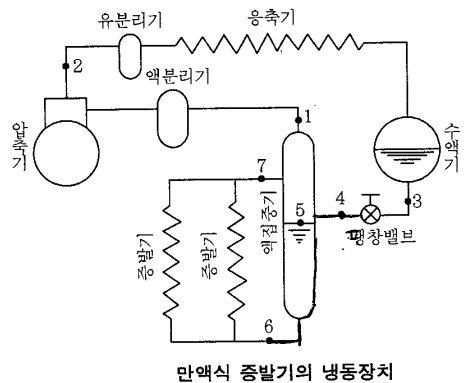
$$q_{mr3} = \frac{R_{o3}}{h_9 - h_6}$$

- 냉매 순환량 :  $q_{mr} = q_{mr1} + q_{mr2} + q_{mr3}$

-  $h_1 = \frac{q_{mr1} \cdot h_7 + q_{mr2} \cdot h_8 + q_{mr3} \cdot h_9}{q_{mr}}$

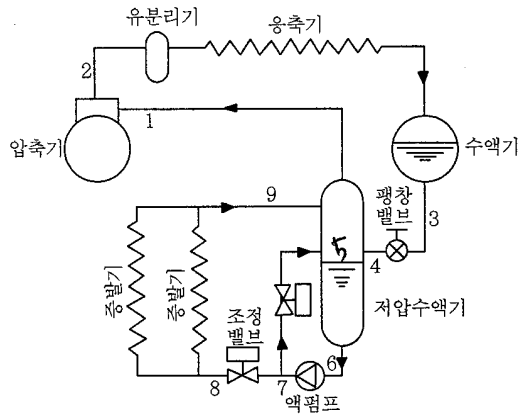
\*\* 시스템 에어컨 세부 내용 추가 예정

⑧ 만액식 증발기를 가진 냉동장치

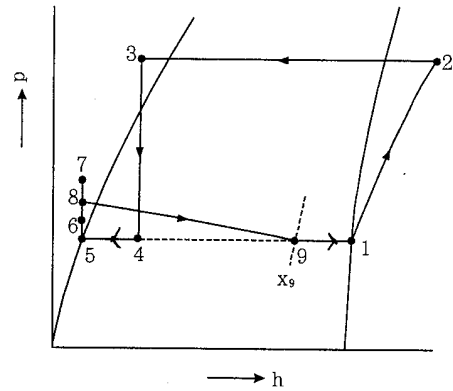


- 증발기 출구 끝부분까지 냉매 액이 존재하기 때문에 증발기 출구에서 냉매가 과열되는 직접 팽창식보다 열교환 성능면에서 유리
- 주로 급속 냉동을 요하는 대형 동결 장치에 이용
- 증발기 입구 6의 냉매 압력은 저압기액분리기(또는 액집중기, 저압수액기)의 액 높이(점 6에서 5까지의 액 높이에 상당하는 압력)만큼 높게 됨
- 증발기 출구에서는 증발기 내에서의 마찰 손실과 상변화에 의한 정압 손실 등으로 압력이 강하되어 기액분리기 상부와 동일 압력 상태 7이 됨
- 냉동 능력 :  $R_o = q_{mr} \cdot (h_1 - h_4)$

⑨ 냉매액 강제 순환식 냉동 장치



냉매액 강제 순환식 냉동장치

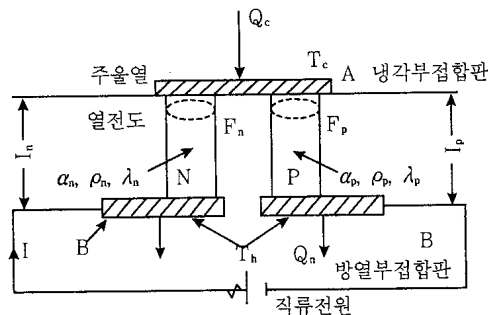


냉매액 강제 순환식 냉동사이클

- 저압 기액 분리기(저압수액기)의 냉매액을 펌프로 각 증발기에 보내는 방식
- 각 증발기의 분지관에서 모두 만액의 상태가 안정적으로 유지될 수 있는 장점
- 펌프 출구쪽의 과냉각 냉매액은 정압조정밸브(CPR)에 의하여 정압 상태를 유지(적정 압력으로 감압후 증발기로 공급되도록 함)

⑩ 전자 냉동법

- 개요 : 열전효과의 하나인 펠티에 효과를 이용한 냉동 시스템
- 펠티에 효과



전자냉동소자 기본회로도

- 성질이 다른 2개의 금속의 접촉점을 통하여 전류가 흐를 때 접촉점에서 Joule열 이외에 흡열과 발열이 일어나는 현상
- 이 반대 현상은 제백효과로 온도 측정에 광범위하게 이용되고 있음
- 최근 펠티에 효과가 큰 반도체 화합물을 이용하여 소형 냉장기거나

전자 기기의 성능 확보를 위한 냉각 장치로 실용화 추세

- P-N접합 : 전극 A ⇒ 흡열(냉각)  
              전극 B ⇒ 발열
- 전류의 방향을 바꾸면 흡열측과 발열측이 바뀜

### 3. 냉동 사이클의 주요 구성 요소 특성

#### (1) 냉매

##### ① 구분

- 1차 냉매 : 증발/응축의 상변화 과정을 통해 열을 흡수, 방출하는 냉매
- 2차 냉매 : 단상 상태에서 현열 전달을 통해 열교환 (브라인, 부동액)

##### ② 냉매의 종류 : 할로카본, 탄화수소, 유기화합물, 무기화합물

##### ③ 할로카본

- 냉매로 가장 많이 사용
- 종류 : CFC, HCFC, HFC

CFC	R11, R12, R113, R114, R115	오존층 파괴지수가 높음
HCFC	R22, R123, R124, R141	
HFC	R32, R125, R134a, R143a	오존층 파괴효과 없음

##### ④ 냉매의 구비 조건

높거나, 크거나, 많거나	낮거나, 적거나, 작거나
증발잠열, 임계온도, 열전도도, 전기저항(절연)	응축압력(상온), 액체 비열, 응고온도, 비체적, 점도, 인화성, 폭발성, 자극성, 가격

- 저온에서 증발 압력이 대기압보다 높고, 상온에서 응축 압력 낮을 것
- 동일한 냉동 능력을 내는 소요 동력이 적을 것
- 화학적으로 안정되고 냉매 증기가 압축열에 의해 분해되지 않을 것
- 금속과 화합하여 반응을 일으키지 않고 윤활유를 열화시키지 않을 것
- 인체에 무해하고 구입이 쉬울 것
- 쉽게 누설되지 않으며 누설시 발견이 쉬울 것
- 오존층 파괴 및 지구 온난화 효과에 영향을 주지 않을 것

##### ⑤ 몬트리올 의정서

- 오존층 파괴 과정 : CFC의 염소→오존과 반응→일산화염소→  
축매 반응→염소분리→오존층 파괴 반복
- 오존층 파괴→지구 표면에 도달하는 유해한 자외선의 양 증대
- CFC의 지구 온난화 영향 : CFC는 CO<sub>2</sub>에 비해 수천~수만배 적외선 흡수 능력을 가지고 있고, 대기 중에서 수명이 길어 대기중에 미량이라도 심각한 영향을 준다
- 1987년 오존층 파괴 물질의 생산, 사용 및 무역 금지 및 규제를 주내용으로 하는 몬트리올 의정서 조인
- 1996년 선진국에서는 CFC의 생산이 중단되었고, 이후 HCFC도 규제 대상에 포함시켰음

⑥ 과열도 (증발기 냉매의 과열 현상)

- 증발기를 나온 냉매의 과열도가 클수록 냉동 효과가 커짐
- 그러나 일반적으로 흡입가스의 과열도가 클수록 압축기의 단열 압축일이 증가하는 성질이 있음(압축가스의 비열비  $K=C_p/C_v$ 의 변화에 의함)
- 냉매의 비열비
  - $K=1.18$  이하일 경우 과열⇒냉동능력 및 COP 증가 (R134)
  - $K=1.18$  이상일 경우 과열⇒냉동능력 증대, COP 저하 (R22)
- 또 압축기에서 압축후 토출 가스의 온도가 크게 높아져 윤활유 열화 현상이 발생하게 됨

⑦ 자연 냉매

㉠ 개요

- 물, 암모니아, 질소, 이산화탄소, 프로판, 부탄 등 인공 화합물이 아닌 지구상에 자연적으로 존재하는 물질
- 지구 온난화에 대한 규제가 심해지면서 자연 냉매에 대한 관심과 연구가 활발

㉡ 자연 냉매의 종류

구 분	특 성
탄화수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소와 수소만으로 구성된 냉매 (메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 프로필렌 등)</li> <li>독성이 없으며 화학적으로 안정적</li> <li>오존층 파괴지수가 0, 지구 온난화 지수도 매우 낮음</li> <li>타 냉매에 비해 냉매 주입량이 적음(비체적이 큼)</li> <li>냉매로서 우수한 열역학적 특성을 지니고 있으나 가연성이 문제점</li> </ul>
암모니아	<ul style="list-style-type: none"> <li>우수한 열역학적 특성과 높은 효율을 지님</li> <li>작동 압력이 다소 높고 인체에 해로운 독성 물질로 관리상의 주의 필요</li> <li>CFC/HCFC 냉매의 규제로 인해 대체 냉매로 연구 활발</li> </ul>
물	<ul style="list-style-type: none"> <li>흡수식 냉동기의 냉매로 널리 사용됨</li> <li>증기 압축식 냉동기에는 부적절 (동결점이 높고, 비체적이 커서 압축비가 너무 큼)</li> <li>무색, 무취, 무해하며 손쉽게 구할 수 있는 장점</li> </ul>
공기	<ul style="list-style-type: none"> <li>무해, 무취, 무미</li> <li>성능계수가 낮고 동력이 크게 소요</li> <li>항공기 내부의 공기조화나 공기액화 등 일부에만 사용</li> </ul>
이산화탄소	<ul style="list-style-type: none"> <li>안정성이 뛰어나고 무취, 무독성</li> <li>부식성이 없고 연소 및 폭발성도 없음</li> <li>포화 압력이 높아 냉동기 설계시 내압성 재료를 사용해야 함</li> <li>임계온도(31℃)가 낮아 냉각수 온도가 충분히 낮지 않으면 응축기에서 액화가 안됨</li> <li>현재 특수 목적 이외는 거의 사용되지 않고 있음</li> </ul>

### ⑧ 브라인

㉠ 정의 : 간접 냉각식 냉동장치에 사용하는 액상 냉각 열매체(부동액)을 브라인 또는 2차 냉매라고 함

#### ㉡ 종류

- 무기 브라인 : 염화나트륨, 염화 칼슘
- 유기 브라인 : 에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜

#### ㉢ 브라인의 구비 조건

- 비열이 커야 함

- 열전도율이 커야 함
- 점성이 적어야 함
- 동결온도가 낮아야 함
- 부식성이 적어야 함
- 불연성이어야 함
- 악취, 쓴 맛이 없고, 특히 독성이 없어야 함

㉔ 무기 브라인

- 염화칼슘 ( $\text{CaCl}_2$ )
  - 동결점도가 매우 낮음 : 비중 1.286에서  $-55^\circ\text{C}$   
(제빙, 동결, 냉장에 널리 이용됨)
  - 부식성도 비교적 적으며 값도 저렴
  - 쓴 맛이 있기 때문에 식품동결에는 간접식 동결방법 사용해야 함
- 염화나트륨 ( $\text{NaCl}$ )
  - 염화칼슘보다는 동결온도가 높음 : 비중 1.17에서  $-21^\circ\text{C}$
  - 금속 재료에 대한 부식성이 크다
  - 식품에 대해서는 무해하기 때문에 침지냉각식에 이용됨

㉕ 유기 브라인

- 에틸렌글리콜 및 프로필렌글리콜
  - 무색, 무취의 액체이며 물로 희석하여 농도를 조절
  - 부식성이 약간 있어 부식방지제를 첨가해야 함
  - 비점이 높으며 독성이 적어서 식품동결에 사용

(2) 압축기

① 압축기의 종류

압축 방식에 따른 분류	용적식	- 압축실 내의 체적을 감소시켜 냉매의 압력을 증가시키는 방식 - 종류 : • 왕복동식 • 로타리식 (회전피스톤식, 로타리베인식, 스크류식) • 스크롤식 • 트로코이드식
	터보식	- 회전체의 고속 회전에 의한 원주 방향 모멘텀의 연속적인 전달에 의해 냉매 가스의 압력을 상승시켜 운동량을 압력상승으로 변환 시키는 압축 방식 - 종류 : • 원심식 • 축류식
압축기구와 전동기의 연결 방식에 따른 분류	개방형	압축기의 크랭크축이 축봉장치에 의해 크랭크실 밖으로 나와 전동기와 커플링 직결, 또는 풀리에 의한 벨트 구동으로 연결
	밀폐형	압축기와 전동기가 동일한 케이싱안에 있고, 케이싱이 완전 용접 구조로 됨
	반밀폐형	내부는 밀폐형과 같으나 각종 케이싱이 볼트 조립식으로 되어 있어 분해조립이 가능한 구조

② 압축기의 용량

$$m = \rho \cdot V_d$$

여기서,  $m$ : 압축냉매의 이상적인 질량 유량 [kg/h]

$\rho$ : 압축기에 흡입되는 냉매가스의 밀도 [kg/m<sup>3</sup>]

$V_d$ : 압축기의 토출체적 [m<sup>3</sup>/h]

③ 체적효율 : 압축에 흡입되는 실제 가스의 체적과 이상적인 이송체적의 비

④ 압축효율 : 등엔트로피 압축에 필요한 일과 압축된 기체에 전달된 일의 비  
(측정에 의존함)

⑤ 등엔트로피 효율 : 등엔트로피 압축에 필요한 일과 압축기 축에 전달된 일의 비율

⑥ 실제적인 축동력 : 이상적인 압축기의 전력입력과 압축효율, 기계효율, 체적효율의 함수로 나타냄

$$\text{실제용량} = e_v \cdot m \cdot q_e$$

$$P_{bp} = \frac{P_{tp} \cdot e_v}{e_p \cdot e_m} = \frac{P_{tp} \cdot e_v}{e_n}$$

여기서,  $P_{bp}$ : 실제 축동력  
 $P_{tp}$ : 이론적인 입력 =  $mq$   
 $e_v$ : 체적 효율  
 $e_p$ : 압축 효율  
 $e_m$ : 기계 효율  
 $e_n$ : 등엔트로피 효율

⑦ 총합 열 반환 = 냉동효과 + 압축기의 전력입력에 상당하는 열량

⑧ 액 압축

- 개요 :

- 압축기는 본래 냉매가스를 압축하는 목적으로 설계 제작되어 있으나, 실제 운전중에서는 액냉매나 윤활유가 실린더에 들어오는 것을 피하기 어렵다
- 압축기에 액냉매나 윤활유가 존재하는 상태에서 기동하게 되면, 케이스 내의 압력이 급격히 낮아져 냉매와 윤활유 용액이 맹렬히 거품을 일으키면서 다량의 기포상 혼합물이 실린더로 유입되는 현상

- 현상 :

- 밸브, 피스톤, 커넥트 로드 등에 이상 하중이 가해져서 파손의 원인
- 크랭크 케이스 내의 윤활유 양이 부족해져 구동부의 고착 위험

- 원인 :

- 액 백 현상 : 흡입가스와 혼합된 액 냉매의 연속적인 유입현상(flood back, 또는 liquid back)
- 히트펌프에서의 냉방과 난방의 전환이나 제상사이클의 개시 등과 같이 급격한 운전 조건의 변화가 있을 경우
- 압축기의 급격한 운전 부하 변동 시에도 발생

- 방지 대책 :

- 적정량의 냉매 봉입량 준수 (불필요한 과다 봉입 주의)
- 크랭크 케이스의 히터 설치 (압축기 정지시 크랭크 케이스 가열해 액냉매의 유입 방지)
- 액분리기(accumulator) 설치 (압축기 입구에 액분리기 설치하여 liquid back 흡수)
- 펌프다운(pump down) 제어 : 대형 기종에서 전자밸브를 사용하여

압축기의 정지 직전에 증발기의 액 냉매를 뽑아내는 운전 방식

(3) 응축기

㉔ 종류 : 열 방출 방식에 따라 수냉식, 공랭식, 증발식으로 분류

㉕ 응축기의 용량

- 응축기의 열 방출량 = 증발기 냉각 열량 + 압축기에서의 압축 열량

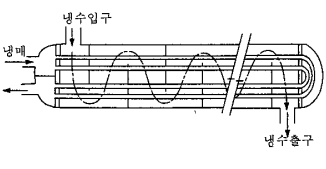
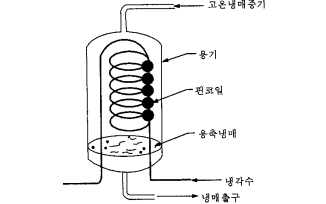
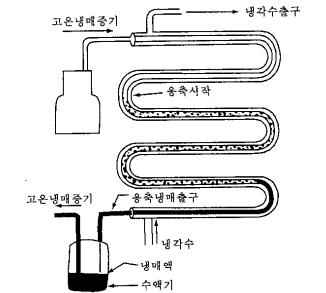
- 열방출비 =  $\frac{\text{응축기에서의 방열량}}{\text{증발기에서의 냉각 열량}}$

㉖ 수냉식 응축기

- 특징

- 냉각탑으로부터 공급된 냉각수로 응축기의 방열량 처리
- 공랭식에 비해 낮은 응축온도를 얻을 수 있어 응축 용량이 큼
- 장치 및 수배관이 많아 유지보수비가 가장 비싼 편

- 종류 및 특징

<p>셸·튜브형 응축기</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직관과 양단의 관판을 조립한 형태가 많음</li> <li>• 관내로 냉각수가 흐르고 외벽에 냉매증기가 응축함</li> <li>• 열전달 효율을 높이기 위해 스파이럴 등 관의 형태를 다양하게 가공하여 제작함</li> </ul>
<p>셸·코일형 응축기</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용기내에 하나 또는 여러개의 코일관이 배치</li> <li>• 관 내부로 냉각수가 흐르고 외부에 냉매증기가 응축되는 형태</li> <li>• 밀폐형 구조여서 코일관 유지보수가 어렵다</li> </ul>
<p>이중관형 응축기</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉매와 냉각수가 이중관을 통해 동시에 흐르면서 열교환하는 형태</li> <li>• 내관에 냉매, 외부관에 냉각수가 순환</li> <li>• 보통 냉매와 냉각수의 흐름 방향은 반대</li> </ul>

㉗ 공랭식 응축기

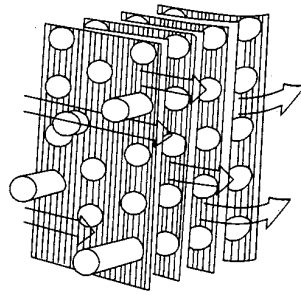
- 특징

- 뜨거운 냉매 가스가 순환되는 코일표면에 공기를 송풍시켜 냉매의 열을 방출시키는 방식
- 응축기의 용량은 송풍되는 공기의 건구 온도에 의해 좌우됨

- 구조가 간단해 고장이 적고 유지보수가 용이하고 저렴함
- 보통 압축기와 송풍기, 응축기를 유니트화 하여 실외에 별도 설치
- 같은 응축용량일 경우 수냉식에 비해 약 20% 큰 압축기가 필요  
(압축기의 소요 동력은 커지나, 냉각수 순환펌프가 필요없고 수질 관리나 코일 표면의 오염이 적어 전체적인 유지관리비는 저렴)

- 응축 코일

- 동, 알루미늄, 스텐레스강 등의 재질로 제작, 보통 6~20mm 구경
- 공기와의 열전달을 좋게 하기 위하여 여러 형태의 핀을 부착
- 입,출구의 5~10% 구간에서는 과열되거나 과냉 부분이 나타남

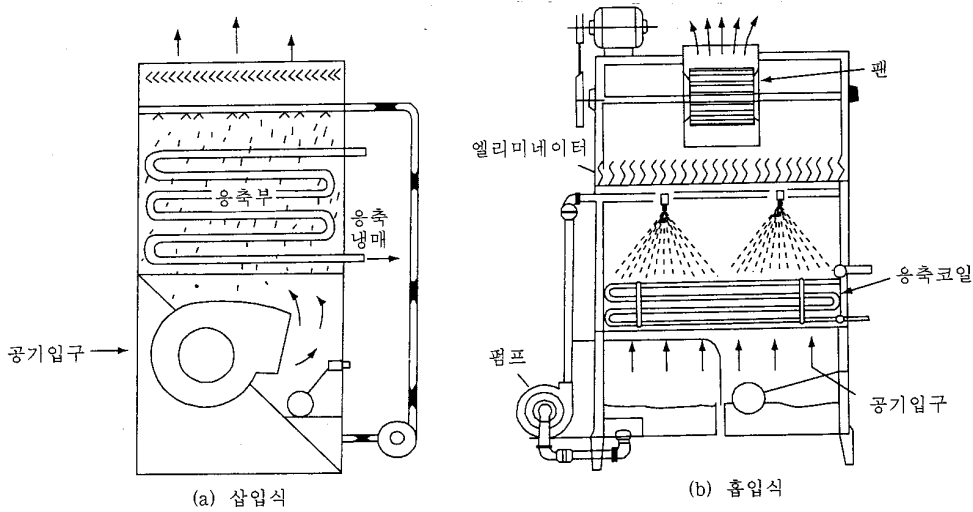


- 설치시 주의사항

- 통풍이 좋고 먼지 발생이 적은 장소에 설치
- 송풍기이나 압축기의 소음, 진동으로 인한 피해가 없는 장소
- 주위에 연도나 열배기 덕트, 냉각탑 등 열배출 설비가 없어야 하고, 토출 공기의 재순환이 되지 않도록 함
- 증발기로 전환되는 경우(히트펌프식) 동절기 응결수 처리방안 필요

㉓ 증발식 응축기

- 특징



증발식 응축기의 구조

- 냉매 코일위로 물을 분사하면서 공기를 송풍하며, 물의 증발잠열을 이용하여 발열량 방출
- 가장 낮은 응축 온도를 얻을 수 있음
- 타 응축기 방식에 비해 코일 표면적을 적게 할 수 있고, 열전달 효율도 좋음
- 냉매 코일에 물때가 낄 경우 열전달이 나빠져 관리상 주의가 필요하며, 적절한 수질 관리가 이루어져야 함

(4) 증발기

㉠ 개요

- 냉매가 증발하는 과정에서 공기나 물, 브라인 등 주변 유체의 온도를 낮추어 주는 열교환을 행하는 장치
- 수액기로부터 공급되는 액체 상태의 냉매가 증발기에서 증발하면서 주변의 유체로부터 증발잠열을 흡수해 냉각효과를 발휘함

㉡ 증발 형태

- 막증발 (film evaporating) : 증발기에서 긴 수직관과 같은 유체 통로의 내부를 흘러가면서 형성된 액막의 표면이 증발온도보다 높은 온도로 가열되면서 증발이 일어나는 형태
- 풀비등 (pool boiling) : 냉매가 과열되고 과열된 벽의 기포 핵으로부터 증기 기포의 발달이 급속히 빨라지면서 끓는 소리가 발생함
- 강제대류비등 : 관내를 유동하는 사이에 열을 받아 비등하는 형태

㉢ 증발기의 종류

- 액냉각용 증발기

셸•튜브형 증발기	주로 만액식 증발기, 관 내부를 냉각될 유체가 흐르고 외부 표면이 냉매에 잠기거나 접촉하면서 냉매가 증발
직접 팽창식 증발기	관 내부를 냉매가 통과하면서 증발이 진행
Baudelot식 증발기	냉매코일 상부에서 유체가 분배되어 아래로 흘러내리면서 열교환하는 방식. 암모니아 냉매의 증발 방식

- 공기 냉각용 증발기

고내용 냉풍 (unit cooler)	냉각코일에 공기를 통과시켜 냉각
공정용 냉풍기	10m/s 전후의 고품속으로 냉각코일에 공기를 통과시키거나, 코일표면에 부동액을 분무하여 냉각효율을 높이는 방식

(5) 냉동기유 (유탄유)

㉠ 냉동기유 사용 목적

- 압축기의 베어링, 실린더-피스톤 사이의 마찰과 마모를 줄이는 유탄 작용
- 마찰열 흡수하는 냉각 작용
- 밀봉 작용(샤프트실과 피스톤링 등), 원활한 압축기 운전

㉡ 냉동기유의 요구 성능

- 응고점이 낮고 납 성분이 적을 것
- 열안정성이 좋고 인화점이 높을 것
- 점도가 적당하고 유막이 강할 것
- 냉매와 분리되기 쉽고 화학적 반응을 일으키지 않을 것
- 항유화성(抗乳化性)이 있을 것
- 산에 대한 안전성이 좋을 것
- 수분 및 산, 먼지 등의 불순물이 없을 것
- 밀폐형 압축기에 사용하는 것은 전기 절연성이 좋을 것

㉢ 냉동 시스템에서의 냉동기유 관리 이유

- 배관 길이가 길거나 오일 토출이 많은 압축기 사용 경우 냉동기유가 크랭크 케이스로 돌아오기 전에 크랭크 케이스의 오일이 없어져 버리는 상황이 될 수 있음→압축기 토출측에 유분리기 설치해 회수
- 저온으로 운전되는 냉동 장치의 증발기에 오일이 유입되면, 점도가 높아지고 유막이 형성되어 전열 작용이 저하되어 냉동 능력 감소
- 암모니아 냉동장치에서 고온 상태의 오일을 압축기로 순환시키면 유탄 불량 및 응축기, 증발기의 전열 작용 저해

㉣ 냉동기유 규격

- 1종(개방형), 2종(밀폐형 및 반밀폐형)
- 각각의 ISO 점도를 8등급으로 분류

4. 냉매 배관

(1) 냉매 배관 시공시 주의 사항

- 프레온계 냉매는 증발기에서 유탄유가 알맞게 배출되어 끊임없이 압축기로 되돌아 오도록 배관해야 함
- 냉매배관은 단순하고 짧으며 직선적인 배관으로 시공하고, 곡관의 곡률 반경은 가능한 크게 하여 마찰 손실이 최소가 되도록 함
- 압축기에 방진 장치를 설치한 경우는 압축기 연결배관에 플렉시블 튜브를

- 설치하여 소음 및 진동 전달 차단 (튜브의 길이는 관지름의 6배 이상)
- 암모니아 냉동장치는 냉매가 접촉하는 부분에는 동이나 동합금 사용 금지, 프레온계 냉동장치에서는 마그네슘계 합금을 피한다.
- 수평배관은 냉매의 흐름 방향에 대해 1/200~1/250의 내림 기울기 시공
- 기밀시험 최소 압력은 고압측 1.96MPa, 저압측 0.98MPa 이상

(2) 냉매 배관의 재질

- 냉매의 종류에 따라 관 재료는 내압성 및 내식성을 가져야 함
- 냉매 또는 윤활유와 접촉할 때 물리적, 화학적인 작용을 일으키지 않아야 함 (냉매의 종류에 따른 적절한 배관 재질 선정 필요)
- 구부릴 수 있는 관은 내구성을 고려하여 충분한 강도가 있는 것 사용
- 저압용 배관은 저온에서도 재료의 물리적 성질이 변하지 않는 것 사용
- 가능한 한 이음매 없는 관을 사용

(3) 장치 주위의 냉매 배관

① 증발기 흡입관, 액관

- 플래쉬 가스의 발생에 주의
  - 액온에 상당하는 포화압력보다 배관내 압력이 낮아지면 냉매액 일부가 가스화하고, 배관 저항이 커져서 또다시 플래쉬 가스가 발생하게 됨
  - 팽창밸브의 냉매 통과량이 감소하여 냉동 능력이 저하됨
  - 팽창밸브를 통과하는 유속이 빨라져 소음과 부식의 원인되고, 팽창 밸브에서의 액공급이 불규칙해짐
- 플래쉬 가스 발생 방지
  - 배관의 압력 손실을 최대한 작게 함
  - 압력 손실분만큼 응축기 출구에서 액온을 과냉각시킴
  - 가능한 한 배관의 길이를 줄임(특히 입상배관)
  - 증발기가 응축기보다 낮은 곳에 설치될 경우 반드시 전자밸브를 액관 중에 설치(또는 2m 이상의 역루우프 배관 시공)
  - 2개 이상의 증발기를 사용하는 경우에는 액관에서 부분적으로 발생하는 플래쉬 가스가 균등하게 배분될 수 있도록 배관(최상부로의 플래쉬 가스 집중 방지)
- 팽창밸브가 너무 크면 헤팅을 일으키고, 너무 작으면 저항이 되어 플래쉬 가스가 발생한다.

② 압축기 흡입관

- 흡입관의 압력 손실이 커져 압축기가 커지지 않도록 적절한 관경 선정
- 수평배관에 트랩을 설치하면 휴지시나 경부하시 고여 있던 냉매나 윤활

- 유가 한꺼번에 압축기로 유입되어 액압축이 될 수 있으므로 가급적 자체
- 증발기에서 압축기를 향해 1/200~1/250의 내림 기울기로 시공하여 윤활유의 흡입이 원활하게 함
- 수직관에서는 적절한 유속을 유지하여 윤활유가 상승할 수 있도록 관경 선정
- 증발기 토출측에는 압축기 쪽으로부터 액이나 윤활유의 역류를 방지하기 위한 루프나 트랩 형태의 배관 연결
- 팽창밸브의 오작동이나 부하의 급변, 제상 운전시에는 증발기로부터 액이 압축기로 넘어올 수 있으므로, 압축기 흡입측에 액분리기 또는 저압 수액기를 설치함

### ③ 압축기 토출관

- 토출관에서 윤활유가 압축기로 되돌아 오지 않도록 응축기를 향하여 내림 기울기로 배관 시공
- 토출 입상관 : 2.5m 이상일 경우 오일 트랩 설치  
  - 약 10m마다 중간 오일 트랩 설치
  - 15m 이상일 때는 유분리기 설치
- 유분리기 설치와 오일포밍 현상
  - 오일포밍(oil forming) 현상 : 크랭크 케이스에 액이 되돌아와 냉매 액이 윤활유와 혼합되어 거품이 일어나는 현상
  - 오일포밍 현상이 발생하면 윤활유가 많이 배출되므로 압축기 토출측에 유분리기를 설치하여 윤활유가 증발기 쪽으로 넘어가지 않도록 하고, 액 회수장치, 크랭크 케이스 히터 등으로 오일포밍 현상 예방

## 4. 냉동 장치의 이상 원인 및 대책

### (1) 냉동장치에 수분 침입

- ① 암모니아 냉매는 수분이 용해되더라도 동결점이 낮아 수분의 동결과 같은 별다른 문제가 발생하지 않음
- ② 프레온 냉동장치에 수분 침투시 발생하는 이상 현상
  - 저압부가 0℃ 이하이면 팽창밸브, 모세관, 플로트스위치, 균압관 등과 같이 좁은 냉매배관 내에서 수분 빙결에 의해 냉매 순환 불량
  - 만액식 증발기 내에서는 수분 빙결로 인해 전열작용이 저하
  - 회로를 구성하는 배관이나 장치의 부식 유발
  - 슬러지를 만들어 압축기 밸브나 샤프트셀 등의 손상
  - 윤활유의 윤활성을 저하시켜 압축기의 고착이나 윤활유의 열화 유발

③ 대책 : 건조기를 설치

④ 건조기의 종류 :

- 건조제의 형상에 따라 : 고체 건조제 수납형, 입상 건조제 수납형
- 건조제 설치 방식에 따라 : 고정식(건조제 교체 불필요), 교환식

(2) 압축기 운전중의 이상 소음 발생

- 기초 고정볼트의 풀림 : 볼트 조임
- 압축기 커플링의 중심이 맞지 않거나 볼트나 느슨해 짐
- 액 흡입이 발생 : 팽창밸브의 개도율 축소 및 작동 상태 확인, 액분리기 설치
- 피스톤핀, 베어링 등의 마모
- 토출측 밸브의 불량 : 밸브 축 풀림 확인, 개폐율 조정

(3) 압축기 유온이 지나치게 높음

- 압축기의 냉각수 부족 : 냉각수 순환 및 보충
- 실린더 자켓부가 스케일로 막힘 : 청소
- 냉매 토출 온도가 지나치게 높다 : 팽창밸브 조절(과열도 낮춤)
- 토출 가스의 역류와 재압축 : 토출 밸브 및 관련 계통 점검후 보수

(4) 응축기에서 응축온도나 압력이 지나치게 높다

- 공기의 혼입 : 에어퍼지 실시, 흡입측 누설 점검
- 냉각관의 오염 : 표면의 이물질 및 오염 청소, 세관 작업
- 냉각수량의 부족 : 배관 계통 점검, 펌프 양정 점검, 냉각수 보충
- 냉각 면적 부족 : 냉매 과충전량 조정, 냉각코일이나 냉각탑의 설계 계산 재검토

(5) 증발기의 냉각 불충분

- 냉매 부족 : 냉매 보충
- 윤활유가 증발기에 유입 : 압축기로 윤활유가 쉽게 되돌아 오도록 운전(약간 습윤전, 만액기식 경우 증발기의 액면을 높힘)
- 냉각 표면적의 부족 : 설계 계산 재검토
- 공기냉각기의 결상이 심함 : 증발온도가 지나치게 낮음(상향 조정)
- 헤더 형상의 불량으로 냉매 분포 불량 : 헤더 형상과 배관 수정
- 피 냉각물(물, 공기, 브라인 등)의 유량 과다 : 관련 계통 점검, 조정

# <열펌프, Heat Pump>

## 1. 개요

- 열펌프는 저온의 열원으로부터 열을 흡수하여 보다 높은 온도를 가진 대상 공간으로 열을 방출하는 시스템이다.
- 냉동사이클도 그 구조나 작동원리면에서 열펌프에 해당하며, 근래에는 냉매 사이클의 흐름을 바꾸어 냉방과 난방을 겸용하는 히트펌프식 냉난방기가 널리 보급되고 있다.

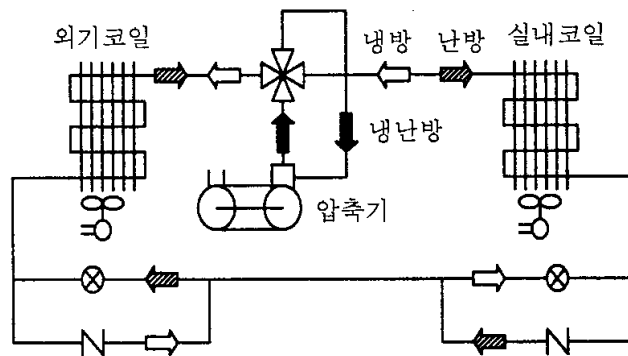
## 2. 열펌프의 열원

대기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열원의 용량이 무한하고 장비 구성도 간단해 가장 널리 이용됨</li> <li>• 대기 온도가 빙점 이하로 떨어질 경우 표면에 서리가 결빙하는 문제 (동절기 외기에 따른 운전상의 어려움, 보조 난방장치, 제상장치 필요)</li> <li>• 공기와의 열전달 계수가 적어 열교환기의 크기가 커져야 함</li> <li>• 제상작업시 난방 불가에 따른 불편함 고려</li> </ul>
물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수원의 종류 : 상하수도, 강물, 공업폐수, 지하수, 바닷물, 호수...</li> <li>• 지하수는 연중 평균온도가 높고 온도 변화가 크지 않아 가장 효과적인 열원으로 평가됨</li> <li>• 강물, 호수, 바닷물, 하수 등은 수질 상태나 이용 여건에 제약이 많고, 열악한 수질로 인한 물 때나 부식, 유지관리상의 어려움이 따름</li> <li>• 공기 열원보다 초기 설비비가 많이 소요됨</li> <li>• 물의 열전달 용량이 커 장비 효율이나 운전성에는 유리함</li> </ul>
지열	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지의 하나로 최근 히트펌프식 냉난방기 열원으로 이용 증가</li> <li>• 열교환 방식에 의해 직접팽창방식(냉매와 토양의 직접 열교환)과 밀폐 회로방식(물을 이용해 토양-물-냉매의 간접 열교환)으로 분류</li> <li>• 냉매 관로 형태에 따라 수직형과 수평형으로 분류</li> <li>• 수직형의 경우 굴착에 따른 시공비의 증가와 유지보수상의 어려움 있음</li> </ul>
태양열	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열원의 무한성과 청정성으로 최근 다방면으로 활용중</li> <li>• 일조시간이 한정되어 있고 기상 상태에 따라 용량의 편차가 심해, 보조 난방이나 축열 시설이 반드시 갖추어져야 함</li> <li>• 설치 장소 주변의 시설물이나 건물 등의 제약 조건도 고려해야 함</li> <li>• 순간적 부하 변동에 효과적으로 대처하는데 애로</li> <li>• 시설투자비에 비해 가동 효율이 높지 않아 적용 사례는 많지 않음</li> </ul>
기타 열원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물에서 배출되는 실내 발생열(배기의 폐열)</li> <li>• 열병합발전이나 소각로 등 여타 장비의 배기가스나 폐열</li> <li>• GHP의 경우 가스엔진의 냉각수나 배기가스의 폐열 활용</li> </ul>

### 3. 열펌프의 구성 방식

#### (1) 공기-공기 열펌프

- 열원인 대기로부터 열을 흡수하고, 응축기에서 실내 공기를 가열하는 방식
- 외기가 낮아질 경우 열펌프의 성능이 저하되어 보조 열원 필요
- 냉난방 전환 방식
  - 냉매 흐름 전환 방식 : 4방밸브 조작
  - 공기 흐름 전환 방식 : 덕트 관로상의 전동댐퍼 조작
- 보통 4방밸브를 조작해 냉매의 흐름 방향을 바꾸어 냉난방을 겸하는 형태의 냉난방기로 널리 보급중



공기-공기 열펌프 사이클의 개략도

#### (2) 물-공기 열펌프

- 물을 열원으로 하여 열을 흡수한 뒤 공기를 대상으로 열을 방출
- 지표수나 지하수 등의 열원과 직접 열교환하거나 2차 유체를 통해 간접적으로 열교환하기도 함

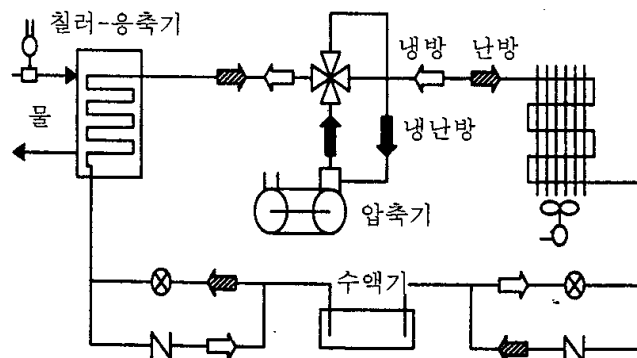
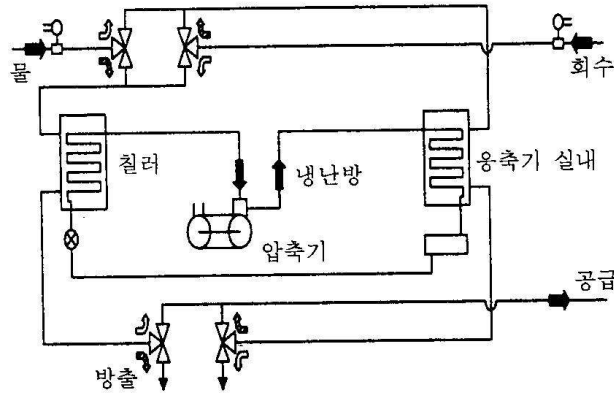


그림 8.6 물-공기 열펌프의 개략도

#### (3) 공기-물 열펌프

- 대기를 열원으로 외기 코일에서 열을 흡수한 뒤 열펌프의 응축기에서 물을 가열하여, 이 온수를 이용해 난방하는 방식

- 외기 온도가 낮을 경우 열펌프 성능이 떨어져, 주로 저온난방에 적용
  - 냉매 흐름을 바꿔 냉수를 만들어, 냉온수를 이용하는 시스템도 구성 가능
- (4) 물-물 열펌프



물-물 열펌프의 개략도

- 열원과 가열 대상이 모두 물인 방식으로, 냉난방 운전조건에 따라 냉수와 온수의 이용이 모두 가능
- 4방밸브를 이용한 냉매 흐름의 변화로 냉난방을 전환하기도 하나, 열원과 가열 대상인 물의 흐름 방향을 바꾸어 냉난방 운전 전환을 하기도 함

#### 4. 제상 운전

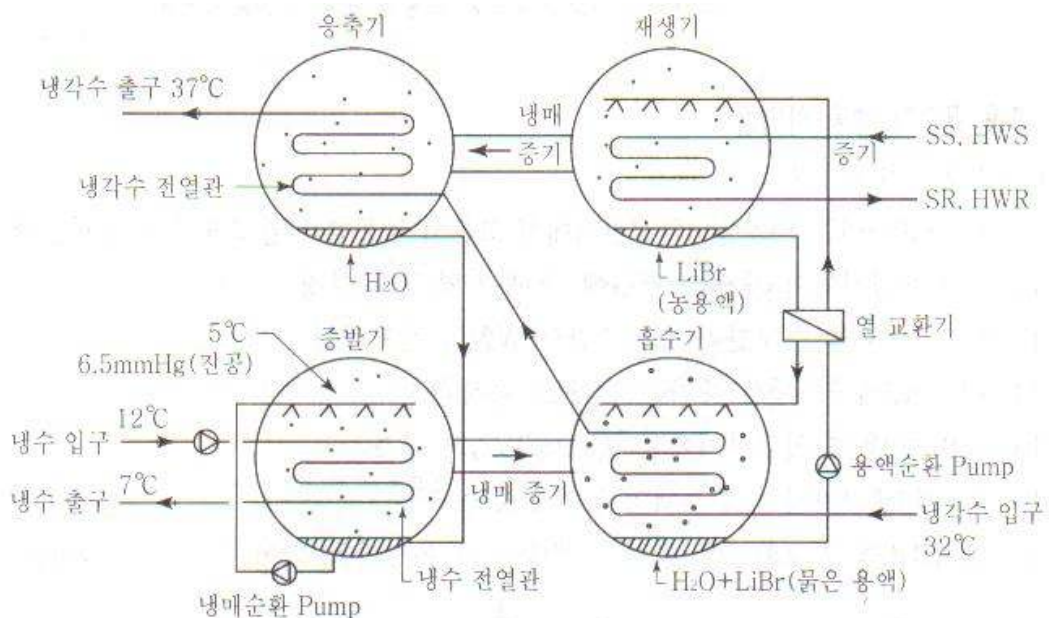
- (1) 개요 : 외기 온도가 5℃ 이하로 낮아지거나 습도가 60% 이상으로 높을 때 외기 코일에 결빙된 서리를 제거하기 위한 운전 방식
- (2) 제상 운전의 제어 방법
- 타이머 제어 : 일정 시간마다 제상 작업 실시 (많이 적용되지 않음)
  - 외기 코일의 순환공기 압력 강하 측정
    - 코일 표면의 결빙에 따른 저항 증가로 순환 공기의 압력 강하 이용
    - 코일에 불순물 등이 부착될 경우 부정확할 수 있음
  - 외기 코일의 냉매온도와 외기와의 온도차 측정
    - 냉매와 외기 온도차가 기준 수치 이상을 넘어설 경우 제상 운전 진행
    - 비교적 효율적인 제상 운전이 가능해 많이 적용
- (3) 제상 방식
- 난방 운전의 정지 및 냉매 역순환으로 제상하는 방법
  - 전기히터를 이용해 외기 코일을 가열하는 방법
  - 가열된 온수를 이용하는 방법
  - 엔진 구동식의 경우 고온의 엔진 냉각수나 배기열을 활용하는 방법

# <흡수식 냉동기>

## 1. 개요

- (1) 흡수식 냉동기는 저압 조건에서 증발하는 냉매의 증발 잠열을 이용하며, 흡수제에 혼합되어진 냉매를 외부 열원으로 가열하여 분해해 낸 후, 냉각수에 의해 응축해 다시 증발기로 보내어지는 순환 사이클
- (2) 흡수식 방법은 기계식 방법에 비해 효율이 낮으므로 가열원으로서 폐열을 이용하거나, 발생기와 흡수기 사이에 열교환기를 설치하여 열효율을 향상시키는 방법을 사용

## 2. 구조 및 원리



### (1) 증발기

- ① 냉매(물) → <증발잠열> → 증발(증기)
- ② 증발한 냉매(수증기) → 흡수기 이동
- ③ 냉매인 물은 5°C 전후의 온도에서 증발 (증발기 내부 압력 : 6.5mmHg 진공)
- ④ 냉수는 12°C → 7°C 정도까지 냉각

### (2) 흡수기

- ① 흡수기의 리튬 브로마이드 농용액이 증발기에서 들어온 수증기를 연속적으로 흡수
- ② LiBr 농용액은 수증기를 흡수면서 희석되고 동시에 흡수열 발생
- ③ 흡수열은 냉각수에 의해 냉각

(3) 열교환기

- ① 흡수기에서 묽어진 수용액은 열교환기를 거쳐 재생기로 보내짐
- ② 재생기에서 배출되는 고온의 리튬 브로마이드 용액과 열교환하면서 가열됨

(4) 재생기

- ① 묽어진 수용액은 재생기에서 열원(증기, 가스, 온수...)에 의해 가열되어짐
- ② 증발되어 분리된 냉매(물)은 응축기로 보내지고 진해진 리튬 브로마이드 농용액은 열교환기를 거쳐 흡수기로 보내짐

(5) 응축기

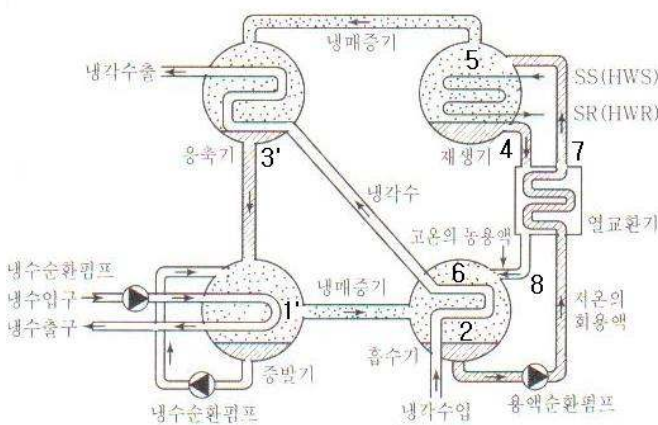
- ① 발생기에서 기화한 냉매(수증기)는 냉각수에 의해 응축됨(액화)
- ② 응축된 냉매(물)은 증발기로 보내짐

3. 흡수식 냉동기의 종류

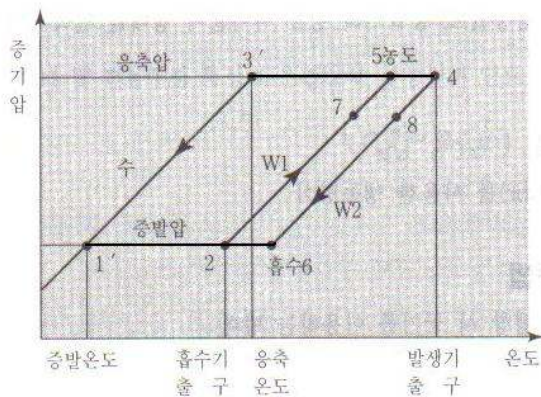
종 류	사 용 연 료	비 고
단효용 흡수식 냉동기 2중(3중)효용 흡수식 냉동기	증기, 고온수 사용 태양열, 폐열(단효용)	전력피크 해소 등 위해 터보 냉동기 대체
직화식 흡수식 냉온수기 (소형, 대형)	도시가스	냉난방 겸용 주택용으로도 개발됨
저온수 흡수 냉동기 폐열 흡수 냉온수기	저온수, 폐열, 배기가스	열병합, 지역난방
흡수 열펌프	폐증기, 폐온수, 증기	

4. 흡수식 냉동기 종류별 특징

(1) 단효용 흡수식 냉동기



1중 효용 흡수식 냉동기



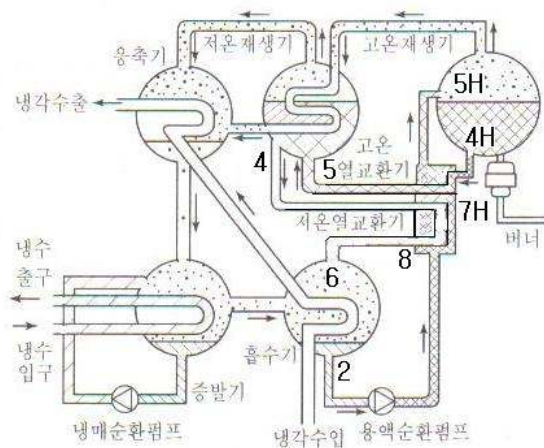
Duhring 선도상의 1중 효용형 흡수식 냉동 사이클

- ① 구성 : 흡수기→재생기→응축기→증발기 및 열교환기

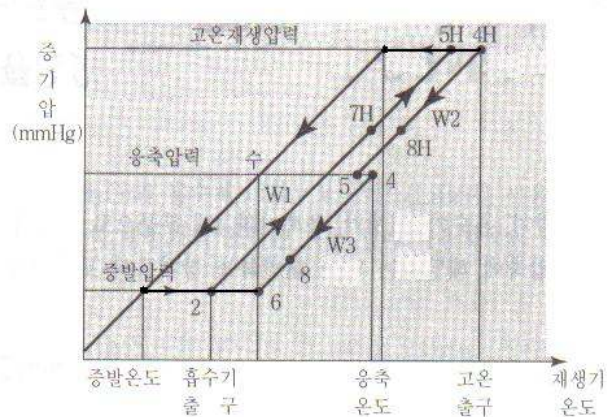
- ② 공급 열원은 증기, 또는 고온수이며 때로 폐열이나 태양열 사용
- ③ 열효율이 낮아서 현재는 잘 사용하지 않는다.

(2) 2중 효용 흡수식 냉동기

- ① 구성 : 흡수기, 고온재생기, 저온재생기, 응축기, 증발기, 1·2차 열교환기
- ② 단효용 사이클은 낮은 COP 때문에 배가스나 폐열을 무료로 사용하지 않는 경우를 제외하고는 전동식 냉동 압축기와 경쟁이 안됨
- ③ 재생기를 2개 설치하여 고온재생기에서 발생한 고온 냉매 증기를 저온 재생기의 가열에 활용하는 방식



2중 효용 흡수식 냉동기



Duhring 선도상의 2중 효용형 흡수식 냉동사이클

④ 장, 단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 약 50% 성능 계수 증가</li> <li>• 40% 증기 소비율 감소</li> <li>• 30% 배기 열량 감소</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고온재생기의 용액 온도 상승으로 부식 위험성 증대</li> <li>• 고저의 압력차 증대</li> <li>• 구조가 복잡해짐</li> </ul>

(3) 2중 효용 흡수식 냉온수기

- ① 냉난방을 겸용한 냉온수기로 현재 가장 많이 채용
- ② 연료를 사용하여 직화식으로 열원 공급(도시가스, LPG, 경유, 등유..)
- ③ 아황산 가스나 매연이 적고 질소 산화물의 배출이 적어 대기 오염 저감 (도시가스, LPG 사용시)

(4) 3중 효용 흡수식 냉동기

- ① 최근 제안되고 있는 냉방 사이클로 2중 효용형에 재생기를 1개 더 설치해 에너지 절약 도모
- ② 현재 연구 개발단계로 상용화시 에너지 절감 기대

(5) 흡수식 열펌프

- ① 폐온수나 폐증기를 열원으로 하는 흡수식 냉동 사이클(보조 열원 추가 투입)
- ② 온수 흡수식 열펌프 : 50~90℃ 온수 출력
- ③ 고온 흡수식 열펌프 : 1.5K 정도의 증기 발생 또는 온수 출력

(6) 저온수 흡수 냉동기

- ① 태양열이나 발전기 냉각수 등의 저온수를 열원으로 함
- ② 냉수 출구 온도 : 8~10℃로 높다
- ③ 냉각수 입출구 온도 낮게 설정 : 입구 30~31℃, 출구 34~38℃
- ④ 열병합 발전의 보조 기기로서 많이 적용됨

(7) 배기가스 흡수 냉온수기

- ① 고온의 배기가스가 열원이어서 고온 재생기에 연소실이 없다
- ② 직화식보다 고온 재생기의 전열 면적이 크다
- ③ 배기가스에 의한 고온 재생기의 부식이나 보호 방법에 주의
- ④ 가스엔진이나 가스터빈 등과 같은 열병합 발전의 폐열(배기가스) 회수나 단순한 냉각기로도 사용

**5. 흡수식 냉온수기의 난방 사이클 종류**

- (1) 재생기에 전용 온수 열교환기를 설치 : 온수와 고온 냉매가 열교환하는 방식
- (2) 증발기 이용 : 증발기에서 고온의 냉매 증기가 전열관에서 응축되면서 전열관 내부의 온수를 가열하는 방식
- (3) 흡수기/응축기 이용 : 흡수기와 응축기의 냉각수 전열관에 냉각수 대신 온수를 통과시켜 온수를 가열하는 방식

**6. 흡수식 냉동기의 냉매**

(1) H<sub>2</sub>O / LiBr 계

- ① 냉매인 물의 비등점이 높아 흡수기나 응축기의 공냉화가 어렵다  
(공기 열원 히트펌프 적용 곤란, 냉각수 필요)
- ② 0℃ 이하의 저온을 얻을 수 없다 (ex, 냉동/냉장 시스템 적용 곤란)
- ③ 부식성이 강한 편이나 안정된 성질로 가장 널리 사용중임
- ④ 일부 냉동 시스템에서는 용액의 결정화에 주의해야 한다

(2) NH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O 계

- ① 장점
  - 프레온계(CFC계) 냉매를 사용하지 않으므로 환경 파괴 없다
  - 냉매 구입 가격이 싸고 구입이 쉽다

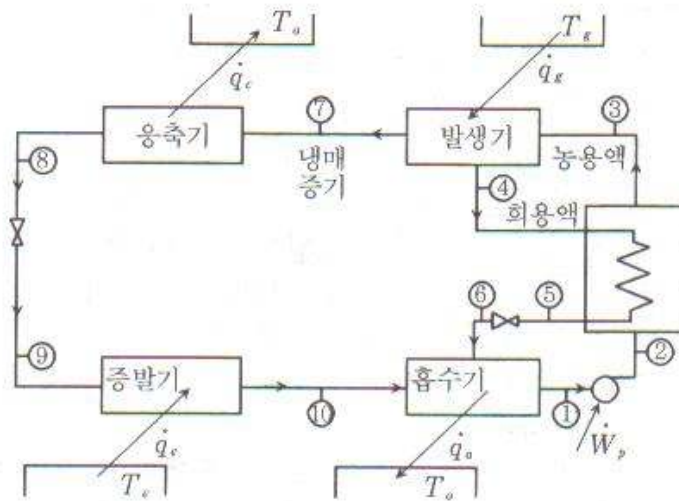
- 고진공을 필요로 하지 않는다

② 단점

- 독성, 가연성, 폭발성이 있으므로 누설 및 취급에 주의
- 고압가스 안전관리법에 의한 규제 대상
- 대기압 상태에서 비등하므로 밀폐 구조로 보관
- 취급시 전문가의 지식 필요

③ 진공에 대한 부담이 적고 열적 성능이 좋아 연구, 개발 활발

**7. 흡수식 냉동기의 성적 계수**



$$q_a + q_c = q_e + q_g + W_p \quad (\text{방출열량 } q_o = q_a + q_c)$$

$$COP_{MAX} = \frac{q_e}{q_g + W_p} \approx \frac{q_e}{q_g} = \frac{T_e (T_g - T_o)}{T_g (T_o - T_e)} \quad (\Leftarrow \text{펌프동력 } W_p \text{는 무시될 정도로 적으므로 생략하면})$$

**8. 흡수식 냉동기의 용량 제어**

- (1) 구동 열원 입구 제어 : 증기, 고온수 등 열원의 공급량 제어
- (2) 증기 토출 제어 : 단효용 흡수냉동기에서 저압증기를 구동열원으로 할 경우 재생기에서 통과해 나오는 증기나 응축수의 양을 제어
- (3) 버어너 연소량 제어 : 직화식 흡수냉온수기에서 버어너의 가스 연소량 제어
- (4) 우회 제어 : 폐열을 열원으로 할 경우 저부하시 열원의 우회 처리(by-pass)
- (5) 기타 : 흡수기에서 재생기로 보내지는 흡수액량 제어, 버어너 on-off 제어 등

## 9. 흡수식 냉동기 설계/시공시 검토 사항

- (1) 부식 문제
  - 비용해 산소의 존재 때문에 LiBr 용액은 탄소강과 구리를 포함한 여러 가지 금속에 부식성이 매우 강하다
  - PH 제어(중성) 및 부식 방지제 사용으로 대응
- (2) 안정적인 진공 확보
  - 증발기, 흡수기의 진공 확보는 장비 성능과 직결
  - 공장에서의 엄격한 Leak test 후 현장 반입
  - 추기가 용이한지, A/S는 즉시 이루어질 수 있는지 사전 확인
- (3) 신뢰성 있는 제조사와 모델 선정
  - 제품 구조가 복잡하고 다양한 방식들로 기술 개발이 빠르게 이루어져 왔음
  - 제품 출시후 판매/운용 경험이 많은지, 유지보수에 어려움은 없는지 확인
  - 제품 및 부품의 국산화 정도도 파악
- (4) 제품의 설치 공간, 반입 여건, 중량 등 사전 검토
- (5) 장비의 용량 검토
  - 추후 증설 대비 용량 확보(부분 부하 운전 효율이 좋은 편이므로 추후 부하 증대를 고려해 용량 선정해도 운용상 큰 무리는 없음)
  - 직화식의 경우 냉난방 부하가 크게 차이나지 않도록 고려 (저부하 운전시 제어상의 어려움)
  - 실제 장비 운용시 냉각탑의 효율이나 기상 조건, 진공 상태, 고의적인 재생 운전 온도 하향 조정 등에 따라 정격 냉동 출력에 미달되는 사례가 많으므로 다소 여유를 갖는 것이 바람직
- (6) 열원의 공급 상황, 시스템 사용 압력, 냉각수 처리 상태 등 파악
- (7) 재생기 운전 온도 적정 설정 : LiBr의 부식성 때문에 일부 제조사에서 재생기 온도를 고의적으로 낮추어 놓을 경우 냉동 능력 현저히 저하
- (8) 냉각수 적정 수온 확보 : 터보 냉동기에 비해 냉각수 부하가 훨씬 크므로 냉각탑 설계, 시공시 충분한 용량 확보토록 주의

## <터보 냉동기와 흡수식 냉동기 비교>

구분	터 보 냉 동 기	흡 수 식 냉 동 기
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신뢰성이 높다</li> <li>• 기계가 작고 중량이 가볍다</li> <li>• 수명이 길고 운전이 용이하다</li> <li>• 냉수 온도를 낮게 할 수 있다</li> <li>• 초기 투자비 저렴</li> <li>• 다수의 냉동기로 직렬운전시 조합 용이하다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전 소음, 진동이 적다</li> <li>• 전력 수용량과 수전설비가 적다</li> <li>• 다양한 열원 사용 가능(도시가스, LPG, 증기, 고온수, 폐열, 배기가스...)</li> <li>• 연료비가 저렴해 운전비가 적다</li> <li>• 부분 부하 조절이 용이</li> <li>• 공장 폐열이나 열병합발전에 적용 하여 전체 에너지 효율을 향상시킴</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소음, 진동이 크다</li> <li>• 수변전 용량이 크고, 운전비가 비쌈</li> <li>• 용량감소시 서징 현상 발생</li> <li>• 유지 보수비가 비싸다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치 면적, 중량이 크다</li> <li>• 냉각 열량이 크다(냉각탑, 펌프...)</li> <li>• 예냉시간이 길다</li> <li>• 진공 유지가 어렵고 취급 복잡</li> <li>• 증기 열원의 경우 여름철 보일러 가동 필요</li> <li>• 장비 가격이 비싸다</li> </ul>
용량 제어 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흡입 댐퍼 제어</li> <li>• 흡입 베인 제어</li> <li>• 속도(회전수)제어</li> <li>• 디퓨저(Diffuser) 제어</li> <li>• 바이패스 제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구동 열원 입구 제어(증기, 온수)</li> <li>• 가열용 증기, 또는 온수 유량 제어</li> <li>• 머너 연소량 제어(직화식)</li> <li>• 바이패스 제어(폐열)</li> <li>• 재생기 흡수액량 제어</li> </ul>

# <단열과 방습>

## 1. 개요

- 외부로부터의 열침입이나 내부의 열 손실을 방지하기 위하여 단열 물질로 그 주위를 둘러싸는 방법(단열, 방열, 보냉이라고도 함)
- 냉동 분야에서는 단열재로 압출폴리스틸렌폼, 경질 우레탄폼, 그라스울 등이 많이 사용되고 있음
- 냉동부하의 30~35%를 차지하는 벽체의 열부하를 줄이기 위해 경제적이면서도 효율적인 단열층을 형성하는 것이 중요함

## 2. 단열재의 일반적인 성질

- 열전도율이 작을 것
- 투습저항이 크고, 흡습성이 작을 것(흡습후 냉동시 결빙에 의한 조직 파괴)
- 팽창계수가 작을 것 (냉동 냉각시 단열재 수축에 의한 균열 발생 고려)
- 불연성 또는 난연성일 것
- 밀도가 작을 것
- 내구성, 내약품성, 시공성, 작업성이 좋을 것
- 저렴하고 쉽게 구입할 수 있는 것

## 3. 단열 방식의 종류

### (1) 내측 단열 방식

- 종래에 가장 많이 사용되어온 단열 방식
- 건물의 내측 바닥, 벽, 천정 등에 단열재를 설치하는 방법
- 여러 종류의 냉장실이 필요한 냉장창고에 적합
- 외기에 접한 구조체의 벽면이나 모서리 등에서의 열 침입 발생 가능성

### (2) 외측 단열 방식

- 건물 구조체의 외부에 단열층을 형성한 뒤 마감재로 마감
- 작업이 용이하고 대형 창고에 적합해 근래 많이 적용
- 구조체의 온도 변화가 적고, 단열 효과 및 에너지 절약 효과가 좋다
- 외기 온도나 일사의 영향이 적어 내부 온도차나 부하 변동이 크지 않다

## 4. 방습

### (1) 방습 시공의 필요성

- 냉장고 내부와 외기의 온도차가 커서 실내외 수증기 분압차가 큼
- 방습이 부실하여 단열층에 습기가 침투하면 단열 성능이 저하되고, 결로 발생 및 결빙에 의한 단열층 파괴 우려

(2) 방습재의 종류

필름형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉장고 등과 같은 대형 장치나 평활한 면에 시공 용이</li> <li>• 금속, 비금속에 모두 사용 가능</li> <li>• 접합부나 모서리 등의 부착 성능에 주의(도장형 함께 사용)</li> <li>• 종류 : 플라스틱 필름, 아스팔트 침투지, 금속코팅 유리섬유(석면), 플라스틱 코팅 방습지</li> </ul>
도장형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배관, 밸브와 같이 복잡한 형상에 유리</li> <li>• 종류 : 매스틱제, 코팅제, 페인트제</li> <li>• 도장 두께 및 도장면의 표면 상태에 주의</li> </ul>

(3) 단열 공사 시공법

- 순서 : 방습공사 → 단열공사 → 마감공사
- 단열 공사 시공법
  - 판상 공법 : 판상의 단열재를 접착제로 부착
  - 우레탄 공법 : 현장에서 직접 우레탄 살포하여 발포시킴
  - 혼합 공법 : 판상 공법과 우레탄 공법의 병행

(4) 단열벽의 성능 평가 방법

- 단열벽의 주요 성능평가 인자
  - 단열 성능
  - 방습 성능
  - 내구 성능
  - 방화 성능
  - 경제성
  - 시공성
- 단열 성능 평가 방법
  - 총합 열관류율에 의한 방법 : 열관류율 수치 계산에 의한 성능 평가
  - 고내의 온도 상승을 측정하는 방법 : 냉동장치 정지후 일정 시간 동안의 온도 변화치를 측정하여 단열 성능 평가
  - 열전대, 열류계를 사용한 측정 방법 : 계측센서를 통한 부위별 단열 성능 실측 및 평가 방법

# <냉각탑>

## 1. 개요

- (1) 냉동기, 열기관, 발전기 및 화학 플랜트 등으로부터 발생하는 온수를 주위의 공기와 접촉시켜 물을 냉각하는 장치
- (2) 공기와 물의 온도차에 의한 현열 냉각과 순환수의 증발에 의한 잠열 냉각으로 냉각탑의 냉각이 이루어짐

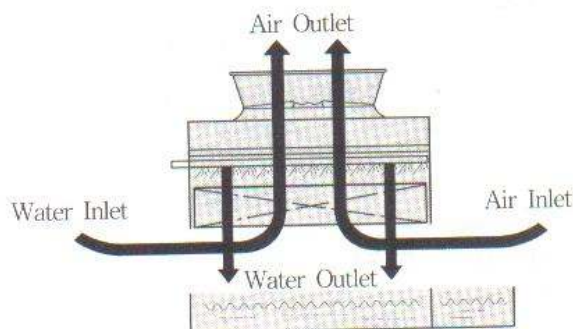
## 2. 냉각탑의 종류

개방식	• 대기 냉각탑		
	• 자연 통풍식		
	• 강제 통풍식	공기, 물 흐름에 따라	대향류형 직교류형
		Fan 위치에 따라	압입식 흡출식
밀폐식	• 건식 밀폐형		
	• 증발식 밀폐형		

## 3. 냉각탑의 종류별 특징

### (1) 대향류형

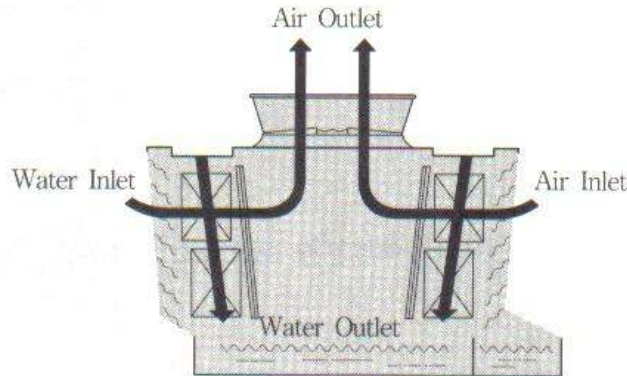
- ① 장점 :
  - 물, 공기 흐름이 반대 방향이어서 열교환 특성이 좋다
  - 소형, 경량이고 가격이 싸다
  - 토출 공기 재순환 우려가 적다
- ② 단점:
  - 높이가 높고 비산 수량이 많다
  - 펌프, 웬 동력이 다른 방식보다 다소 증가
  - 소음이 크고, 보수 점검이 어렵다



- ③ 냉각수 살수 방식 :       - 가압식 : 분사 노즐 이용  
                                   - 중력식 : 살수관으로부터 자유 낙하  
                                   - 회전식 : 살수 헤더가 회전하면 분사

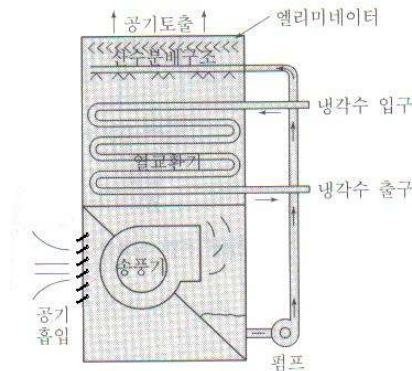
(2) 직교류형

- ① 장점 :       - 높이가 낮고 비산 수량이 다소 적다  
                   - 보수 점검이 용이  
                   - 사각 Unit 형태여서 여러대 조합이 쉬어 용량 조절이 용이
- ② 단점 :       - 점유 면적이 크고 중량이 크다  
                   - 열교환 특성이 대향류형보다는 낮다  
                   - 토출 공기 재순환의 우려 있다 (흡입구 높음)  
                   - 가격이 다소 비싸다 (대향류 대비)
- ③ 냉각수 살수 방식 : 충전재 상부 수조판에 다수의 구멍을 뚫어 자유 낙하



(3) 밀폐형 냉각탑

- ① 장점 :       - 냉각수의 대기 노출이 없어 수질 오염의 염려가 없다  
                   - 소음 및 비산이 적다  
                   - 건물 내부나 지하에 설치시 적합
- ② 단점 :       - 개방식에 비해 장비의 크가 훨씬 커진다  
                   - 고가이고 구조가 복잡



- ③ 냉각탑 충전재 대신에 밀폐 회로관, 또는 열교환기 설치
- ④ 열교환기 종류 : 다관식, 핀관식, 평판식
- ⑤ 냉동 공조 장치 이외에 화학, 발전, 전력 설비 등의 냉각 장치로도 다양하게 응용 (물뿐만 아니라 브라인, 기름 등 각종 유체 적용 가능)
- ⑥ 냉동기의 응축기로도 사용됨(증발식 응축기)

#### 4. 충전재의 종류

##### (1) 수막형 충전재

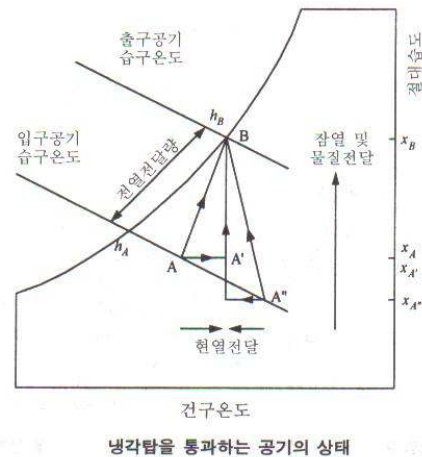
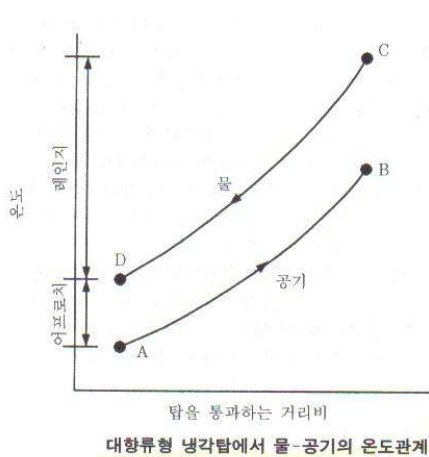
- ① 허니콤판, 파형 플라스틱판 등 공기와 물의 접촉면을 크게 한 충전재 표면에 수막을 이뤄 공기와 직접 접촉하는 형태
- ② 각종 형태의 냉각탑 충전재로 널리 사용

##### (2) 비산형 충전재

- ① 수직 평판, 목재 등 충전재 상부에서 낙하하는 물이 하부에서 충전재와 부딪혀 다수의 수적으로 분쇄되면서 공기와 접촉
- ② 대용량 공업용 냉각탑으로 이용되었지만 최근에는 거의 사용 안함

#### 5. 냉각탑의 설계

##### (1) 물-공기의 온도 관계



##### ① 레인지 (Range)

- ㉠ 레인지 = C - D
- ㉡ 레인지는 냉각탑의 크기나 능력에 따라 정해지는 것이 아니고, 열부하와 유량에 따라 정해진다
- ㉢ 압축식 냉동기 : 5℃ 정도
- 흡수식 냉동기 : 6~9℃ 정도 설정

##### ② 어프로치 (Approach)

㉑ 어프로치 = D - A

㉒ 어프로치의 크기는 냉각탑 크기(용량)와 반비례

㉓ 일반적으로 공조용은 5℃

③ 습공기상의 변화

㉑ 공기의 변화 : A→B

A→A' : 공기의 현열 가열 (물의 현열 냉각)

A→B : 공기의 잠열 가열 (물의 잠열 냉각)

㉒ 공기 입구 상태가 A"로 변해 A"→B로 변화하면,

A"→B : 잠열성분만 변함→증발량이 적어짐

(2) 냉각수 순환량 : L (kg/h)

$$L = \frac{q_c}{(T_D - T_C) \cdot C} \quad q_c: \text{냉각열량}(kcal/h)$$

(3) 냉각탑 송풍량 : G (kg/h)

$$G = \frac{q_c}{(h_B - h_A)} \quad h_A, h_B: \text{입출구 공기 엔탈피}(kcal/kg)$$

(4) 냉각탑 용량 :  $q_c$

① 압축식 : 냉동기 냉각 부하의 1.3배

② 흡수식 : 냉동기 냉각 부하의 2.5배

(5) 냉각톤 : 압축식 냉동기 냉각 용량 1RT당 냉각탑에서의 방출열량을 3,900kcal/RT·h 환산

## 6. 냉각탑의 성능 시험 방법

(1) KS B 6364 : 강제 통풍식 냉각탑 성능시험방법 제정

(2) 시험 항목 : 냉각 능력, 소음, 수적 손실, 소비 전력 등

(3) KS 시험 방법

① 표준 설계 온도 : -. 냉각탑 입구 수온 : 37℃

-. 냉각탑 출구 수온 : 32℃

-. 공기 입구 습구 온도 : 27℃

② 표준 냉각 능력 측정 : 냉각 수량, 입/출구 온도, 흡입 공기 온도

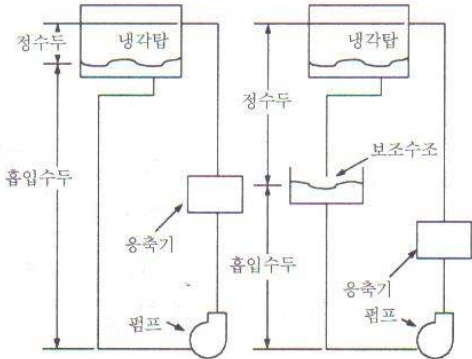
③ 냉각탑 능력 평가

$$\frac{\text{표준 설계 능력}}{\text{설계 표준 냉각 능력}} = \frac{(L/A)_c}{(L/A)_a} \times 100(\%)$$

## 7. 냉각수 배관

(1) 냉각수 펌프 양정 산출

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4$$



- H<sub>1</sub> : 냉각탑 살수 헤드-수면의 높이차
- H<sub>2</sub> : 전 배관의 마찰손실 +  
배관 부속의 마찰손실
- H<sub>3</sub> : 냉동기(응축기, 흡수기)의 압력손실수두
- H<sub>4</sub> : 냉각탑 살수 헤드 분사압  
(또는 분사시 압력손실 수두)

(2) 냉각수 펌프 동력

$$P(kw) = \frac{Q \times H}{6,120 \times \eta} \times K$$

(3) 배관 시공시 주의 사항

- ① 냉각탑 수조의 수위는 펌프나 펌프 흡입 배관보다 높게 유지해야 함
- ② 에어포켓 현상 없도록 냉각탑 쪽으로 상향 배관
- ③ 냉각탑 수조에서 소용돌이(Vertex) 현상 없도록 냉각수 유량 적정 조절 및 적정 수조 높이 확보
- ④ 배관내 유속 1.5~3m/s
- ⑤ 다수의 냉각탑 연결시 구경이 큰 헤더 형태의 배관에서 분기하고, 분기 배관에 유량 조절을 위한 밸브 설치
- ⑥ 냉각탑간 수위 평형을 위해 연통관 설치
- ⑦ 냉각탑의 높이가 높을 경우 공급관 지지철물을 냉각탑 조립작업시 본체 구조물에서 미리 돌출시켜 놓을 것
- ⑧ 약품 주입배관 설치할 경우 가급적 냉각탑 수조에 직접 연결해 공급토록 하고, 불가피하게 냉각수 배관에 연결시 약품 주입배관을 냉각수 배관 내부 중간까지 인출시켜 회석이 잘 되도록 시공 (약품에 의한 배관 및 연결부위 부식 고려)
- ⑨ 동절기 수조의 결빙을 방지하거나 다수의 냉각탑 수위간 균형을 맞추기 위하여 아래층에 통합 보조 수조를 설치할 수 있음

## 8. 냉각탑의 용량 제어

(1) 냉각수량 제어

- ① 냉각탑에 공급되는 냉각 수량을 제어하거나 일부를 바이패스 시키는 방법

- ② 2-way, 3-way 밸브 사용 (전기식이나 공압식)
  - ③ 송풍기 및 펌프의 동력은 절감 안됨
  - ④ 계통이 단순하고 부하 변동이 클 경우 펌프 회전수 제어나 대수 제어도 검토 가능
  - ⑤ 유량 제어 밸브의 마찰 손실이 밸브로부터 냉각탑 상부 살수헤더까지의 마찰손실과 낙차보다 크지 않도록 주의
- (2) 공기 유량 제어
- ① 송풍기 회전수 제어, 날개 피치의 변화, 댐퍼 제어 등
  - ② 복잡하고 설비비가 많이 드나, 비산량 감소에는 효과적
  - ③ 송풍기의 ON/OFF에 의한 제어를 일반적으로 많이 사용
  - ④ 송풍기 운전 동력 절감(회전수 제어, 송풍기 ON/OFF 제어시)
- (3) 냉각탑 분할 운전
- ① 다수의 냉각탑을 연결했거나, 대용량의 냉각탑을 내부 분할해 다수의 송풍기를 설치한 경우 부하에 해당하는만큼 송풍기 대수 제어(ON/OFF)
  - ② 펌프 동력 절감은 없으나 송풍 동력 절감 및 자연 냉각 운전 가능

## 9. 냉각탑의 운전 관리

- (1) 소음과 진동
- ① 냉각탑 성능상 음원부 자체의 개구부를 방음재로 막기 어렵다
  - ② 송풍기 소음
    - 냉각탑 소음중 가장 크다
    - 날개 바깥 지름을 크게 하고 날개의 개수 증가 → 회전수를 낮춤
    - 토출구에 후드를 높게 설치해 측면으로의 소음 전파를 억제
    - 소음기, 소음덕트, 플레넘 챔버의 설치도 고려
  - ③ 낙수 소음
    - 냉각수가 수조 수면에 떨어질 때 낙수 소음 발생
    - 직교류형 1~2dB, 대향류형 3~4dB
    - 수적이 직접 수면에 낙하하지 않도록 합성 섬유 매트를 깔고 그 하부에 수적 소음판을 통해 수조로 유도
  - ④ 전동기 소음이나 베어링 마찰 소음은 비교적 작기 때문에 문제가 적다
  - ⑤ 전파 경로 대책
    - 피해 예상 지역과 충분한 이격거리 확보
    - 방음벽 설치
    - 주거 부위 이중창 설치

- 냉각탑 하부 방진재 설치(구조체 진동에 의한 소음 확대 및 전파 차단)

⑥ 진동 방지 대책

- 냉각탑 하부 스프링마운트 설치
- 팬의 회전수 낮춤
- 냉각탑 연결배관에 후렉시블 조인트 시공(진동 전달 차단)
- 팬의 편심 설치나 냉각탑의 수평 설치 여부 확인후 조치
- 냉각수 배관 하부 파이프 방진기 등의 방진 조치

(2) 수질 관리

- ① 냉각탑 운전시 대기 오염 물질에 의한 냉각수 오염으로 부식, 슬라임, 스케일 등이 발생

- ② 냉각수 순환이나 열전달을 방해하고 시스템의 수명을 단축시킬 수 있어 적극적인 수질 관리 필요

③ 수질 관리 대책

- 스케일 분산제 투입이나 스케일 방지 및 제거 장치 설치
- 이온수지 교환 등의 경수연화 처리
- 여과기 등을 이용한 필터링(슬라임 원인 물질 제거)
- 적절한 블로우 다운(오염물질의 고농도화 방지)
- 주기적 수조 청소
- 휴지기 퇴수 조치 및 냉각탑 개구부 보호덮개 설치

④ 블로우 다운 방법

- 주기적 오버 플로우
- 별도의 블로우 배관 설치→상시적으로 일정량 블로우 다운 실시
- 타이머와 전자밸브를 이용해 주기적으로 블로우 다운
- 기타 :
  - 압력스위치 연동(수질 악화에 의한 압력 상승 감지)
  - PH 센서와 연동
  - 도전율계와 연동

(3) 비산 및 냉각수 손실 방지

- ① 냉각수의 작은 물방울이 공기와 함께 외부로 배출되는 현상

- ② 전체 냉각수 순환량중 :
- 비산량 0.85%
  - 증발량 0.48%
  - 블로우량 2.2%

③ 냉각수 손실로 인한 영향

- 막대한 보충수 공급에 따른 경제적 손실

- 비산수로 인한 레지오넬라균 확산 우려 증대
- 냉각수 비산수에 의한 주변 건물이나 차량 표면에 오염 발생
- 기타 심리적 불쾌감 유발 및 결빙, 이끼류 생성 등

④ 냉각수 손실 저감 대책

- 팬 적정 풍량 운전, 또는 풍량 제어 실시
- 팬 토출부 비산방지용 엘리미네이터 설치
- 비산방지형 냉각탑이나 백연방지코일 설치
- 비산수를 감안한 적절한 냉각탑 위치 선정
- 적극적 수질 관리로 블로우 수량 절감
- 각종 환기 장치나 통행자 인도 등과 이격거리 유지

(4) 동절기 운전

- ① 냉각탑 출구 수온 감시 : 4℃ 이하시 관제실 알람 경보
- ② 노출 배관 및 수조에 열선, 히터 설치
- ③ 냉각탑 수조 휴지시 배수 밸브 자동 개폐 연동
- ④ 하부 난방된 공간에 수조 분리형으로 설치 (여재, 팬, 급수관만 외기 노출)
- ⑤ 기타 : 부동액 사용, 보조히터(열교환기) 설치

(5) 레지오넬라균 방지 대책

- ① 미생물 번식 환경 제어 (1차적 수질 처리)
  - 필터링에 의한 부유 물질, 슬라임 원인 물질 제거
  - 살균처리 : 잔류염소 농도 0.2ppm 정도로 유지
  - 정기적인 블로우 다운 처리
  - 장시간 휴지시 수조 퇴수 및 주기적 수조 청소
  - 수처리 자동화설비(살균+ 필터링) 구성
- ② 확산, 전파 방지 (2차적 조치)
  - 비산 방지망(후드, 엘리미네이터) 설치
  - 환기 급기구, 출입구, 보행 통로, 인접 건물과 이격
  - 주기적 수질 검사 실시

**10. 기타 냉각탑 설치시 주의 사항**

- (1) 냉각탑 운전 하중 고려한 건축 구조 설계 반영 여부 도면 검토시 확인
- (2) 보일러 연도, 주방 배기 등 열기 배출시설과 인접 여부 확인
- (3) 주변 ELEV.기계실이나 옥상 파라펫 등으로 배출 열기 정체 가능성 확인
- (4) 충전재의 열교환 성능이나 내구성, 교체 비용 검토
- (5) 냉각탑 크기는 가급적 여유 있게 선정

- . 외기 온도 변화나 수질 악화에 의한 용량 부족 현상 대비
- . 과대 풍속에 의한 비산량 증가 예방
- . 소음 과다 고려

# <냉동 응용>

## 1. 관련 용어

### (1) 급속 동결

식품을 동결시킬 때 식품의 최대 얼음 결정 생성대를 빠르게 통과하도록 온도 강하를 급속하게 하여, 동결 식품의 평균온도가  $-18^{\circ}\text{C}$ 에 도달하도록 냉동 방법

### (2) 공칭 동결 시간

초기의 균일 온도가  $0^{\circ}\text{C}$ 인 식품의 온도 중심점이 동결점보다  $10^{\circ}\text{C}$  낮은 온도에 도달할 때까지의 시간

$$(3) \text{ 동결 속도} = \frac{\text{식품 표면에서부터 온도 중심점까지의 최단거리}}{\text{공칭 동결 시간}}$$

## 2. 냉동 부하 계산

### (1) 외부 침입열

$$Q_1 = K \cdot A \cdot \Delta T$$

$K$ : 구조체의 열관류율( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )  
 $A$ : 외기와 접한 벽면의 면적( $\text{m}^2$ )  
 $\Delta T$ : 냉동고 내외부 온도차( $^{\circ}\text{C}$ )

### (2) 냉각열

$$Q_2 = \frac{G \cdot C_p \cdot (T_3 - T_4)}{24}$$

$G$ : 1일 입고 냉장품 양( $\text{kg}$ )  
 $C_p$ : 냉장품의 비열( $\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg} \cdot \text{K}$ )  
 $T_3$ : 입고된 냉장품의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $T_4$ : 냉장실의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

### (3) 발생열

#### ① 전동 송풍기에 의한 발생열

$$Q_3 = \frac{W \cdot N \cdot n}{24}$$

$W$ : 송풍기 총 동력( $\text{Kw}$ )  
 $N$ : 송풍기의 수량  
 $n$ : 1일 송풍기 가동 시간( $\text{hr}$ )

#### ② 하역 기계에 의한 발생열

$$Q_4 = \frac{W \cdot N \cdot n}{24}$$

$W$ : 하역기계의 총 동력( $\text{Kw}$ )  
 $N$ : 하역기계의 대수  
 $n$ : 1일 하역기계 가동 시간( $\text{hr}$ )

#### ③ 작업자 인체의 발생열

$$Q_5 = \frac{W \cdot N \cdot n}{24}$$

$W$ : 인체에서 발생하는 열량( $Kw$ )

$N$ : 냉동실에서 작업하는 인원수

$n$ : 1일 작업 시간( $hr$ )

(4) 환기열

$$Q_6 = \frac{V \cdot n \cdot (h_o - h_r)}{24}$$

$V$ : 냉장실의 유효내용적( $m^3$ )

$n$ : 1일 환기 횟수

$h_o$ : 외기의 엔탈피( $W \cdot h/m^3$ )

$h_r$ : 내부 공기의 엔탈피( $W \cdot h/m^3$ )

(5) 기타 발생열 (냉동고 저장 산물의 호흡열)

$$Q_7 = \frac{G \cdot R \cdot n}{24}$$

$G$ : 1회 입고량( $Kg$ )

$R$ : 호흡열( $Kw$ )

$n$ : 1일 입고횟수

(6) 안전율을 고려한 총부하

$$Q_T = \sum_{i=1}^6 Q_i \times 1.1 \quad (10\% \text{ 안전율 고려})$$

### 3. 냉동·냉장고

(1) 소형 냉장(냉동) 유닛

- 보통 밀폐형 압축기와 공랭식 응축기 사용
- 사용 온도 범위 : 대략  $-15 \sim -25^\circ C$ (냉동),  $-5 \sim 10^\circ C$  또는  $0 \sim 10^\circ C$ (냉장)
- 제상 방식 : 핫가스 바이패스 방식이나 전기가열기 방식

(2) 분리형 냉동·냉장 유닛 (유닛 쿨러, unit cooler)

- 응축기와 압축기가 실외에 별도로 유닛화되어 분리 설치
- 냉동·냉장고의 단열판 : 우레탄 발포, 혹은 고밀도 스티로폼 단열판넬 사용
- 실내 증발기 유닛 설치시 주의사항
  - 기류 분포상 출입문 부위에 설치하지 않음
  - 증발기 유닛 무게를 견디도록 단열판넬 외부로 별도의 지지철물 고정
  - 증발기 유닛이 서로 정면으로 마주보도록 설치하면 안됨  
(상호 토출 공기 재순환이 없도록 유닛을 연속적으로 나란히 배치)
- 냉매배관의 길이는 가급적 15m 이내가 되도록 하고, 윤활유의 회수에 주의

(3) 대형 냉동 유닛

- 응축기 냉각 방식 : 용량에 따라 수냉식이나 공랭식 방식 선정
- 응축기-증발기 유닛 구성에 따라 : 일체형, 분리형

- 증발기 유닛을 냉동고 외부에 설치한 후 닥트 연결 방식으로도 시공함

#### 4. 쇼케이스

##### (1) 개요

- 전시 상품의 종류에 따라 온장, 냉장, 빙온, 칠드, 냉동로 다양함
- 슈퍼마켓, 대형 할인점 및 백화점의 경우 대형 오픈 쇼케이스가 주류를 이루고 있으며, 냉동기나 응축기는 별도의 기계실이나 옥외에 설치됨

##### (2) 쇼케이스의 종류

- 리치인(reach-in) 쇼케이스
- 워크인(walk-in) 쇼케이스
- 소형 냉동 쇼케이스
- 소형 냉장 쇼케이스
- 다단 오픈 쇼케이스
- 평형 오픈 쇼케이스

##### (3) 오픈 쇼케이스의 설치 환경

- 외부 열부하가 약 70% 정도 차지하므로 매장의 실내 조건이 성능 좌우
- 표준 설치 조건 : 건구온도 25℃, 상대습도 60% RH, 주위 풍속 0.2±0.1m/s

#### 5. 식품 냉동

##### (1) 개요

- 식품의 저장, 가공 및 제조 조건의 조정을 위하여 식품으로부터 열을 빼앗아 냉각 또는 동결시키는 작업
- 저장 온도에 따라 냉각 저장(동결점 이상)과 동결 저장(일반적으로 -18℃ 이하)으로 나눔
- 저장 식품의 종류나 저장 목적에 따라 적절한 온도 및 방식 선택이 중요함

##### (2) 저온 저장의 효과

- 낮은 온도일수록 생물적 활성(호흡이나 대사 작용 등)은 줄어들으나, 저온 장애와 같은 이상 현상이나 동결점 이하에서의 조직의 변질 등이 발생
- 포화수증기압이 낮아져 식품의 표면 건조가 진행됨
- 지질의 산화, 효소적 및 비효소적 갈변, 단백질의 변성과 같은 화학적 변화가 일어남
- 세균, 곰팡이 등과 같은 미생물들의 번식과 활동에 큰 영향을 미침

##### (3) 식품의 동결

- ① 동결의 주요 영향 인자

- 식품의 대소와 형상 (특히 두께)
- 식품의 동결전 온도와 동결후 온도
- 동결 매체의 온도
- 식품의 열전도율과 표면 열전달율
- 엔탈피의 변화

#### ② 최대 빙결정 생성대

- 식품을 동결하는 과정에서 빙결정이 최대로 생성되는 온도대
- 일반적으로 동결점(-1℃인 경우)에서 -5℃ 사이를 말함
- 이 온도대에서 식품의 수분 함량의 약 80%가 빙결정으로 석출되므로 동결 식품의 품질에 큰 영향을 미침

#### ③ 동결 속도

- 최대 빙결정 생성대를 가능한 한 빨리 통과시키는 것이 동결에 따른 품질 저하를 최소화할 수 있음
- 약 30분 이내 동결시킬 경우 급속 동결, 30분 이상은 완만 동결
- 동결 속도가 빠를수록 빙결정의 크기가 작아지고 동결물이 동일해져 조직의 손상이 적어짐
- 식품의 열전도율이나 형상은 대개 식품의 종류에 따라 이미 정해지기 때문에, 동결 속도를 줄이기 위해서는 식품과 동결 매체(냉각기) 사이의 온도차를 크게 하거나 표면 열전도율(포장 조건이나 기류 등)을 크게 하여야 함

### (4) 식품의 냉각 저장

#### ① 예냉

- 식품의 저온 저장을 위해 필요한 조작이며, 본격적인 냉각 저장 전에 예냉이 늦어지면 급격한 품질 저하 및 보존이 어렵다
- 청과물
  - 청과물은 수확후에도 호흡작용, 생장작용, 추숙작용, 증발작용 등을 계속함
  - 수확후 호흡 작용에 의한 발열량 제거 및 증발에 의한 품질 저하를 막기 위해 적당한 온도, 습도 조건을 조절해 줌
- 육류, 생선류
  - 예냉 효과 : 냉각에 의한 미생물의 증식이나 효소 활성화 예방  
육색이 좋아지고 지질 산화가 억제  
육질이 단단해져 절단이 용이  
표면건조에 따른 피막 형성으로 미생물 증식 억제

- 육류의 경우 도살후 근육 경직이 일어나므로, 도살후 10시간내에는 10℃ 이내로 저장 온도를 낮추지 않고 숙성시킨 후 냉각시킴
- 생선류는 동결점 이상에서 예냉하여 선도 유지와 부패 방지(동결점 이하에서는 동결 팽창에 의한 손상의 우려가 있으므로 장기간의 냉동 보관용이 아닌 경우에는 동결점 이상 유지가 바람직)
- 생선류 예냉 : 건빙법(얼음과 수산물 혼합 저장), 수빙법(동결점 까지 냉각된 담수나 해수에 수산물 투입 냉각)

## ② 저온 장해

- 생체 식품인 과일 및 야채를 동결점 이상에서 저장하더라도 생리적, 생화학적 변화에 의해 품질에 손상을 입는 현상
- 현상 : 과일 표면의 변색, 반점의 발생, 과육의 변질(섬유화, 분질화, 갈변, 연화) 등

## ③ CA 저장법 (controlled atmosphere storage)

- 청과물은 공기중의 탄산가스(CO<sub>2</sub>) 분압을 높이고 산소(O<sub>2</sub>) 분압을 낮추면, 저온의 영향과 동일하게 호흡 속도가 감소함
- 저온 장해를 일으키는 과일이나 야채에 대해 효과적인 저장방법
- 지나친 탄산가스의 공급이나 산소의 부족은 역효과가 있으므로 주의

## ④ 부분 동결법 (PF법) : partial freezing method

- 최대 빙결정 생성대의 온도 구간(주로 -3℃)에서 조직중의 수분 일부가 빙결정으로 생성되어 있는 상태
- 이 상태에서는 품질의 변화가 대단히 억제되고 세포 조직의 손상도 크지 않으므로, 신선도 유지 및 저장성 확보가 가능
- 육류, 어류, 가공식품 등에 유효하며, 야채나 과일과 같은 생체 식품에서는 조직내 빙결정 생성이 치명적이므로 적용 불가

## (5) 해동

- 동결시 식품 조직내의 수분에서 생성된 빙결정을 용해하여 물의 상태로 환원하는 것으로 동결과는 반대의 공정
- 동결전이나 동결 과정에서의 품질 저하가 많으면 해동되어도 본래 품질 이상으로 되돌아 갈 수 없음
- 보통 빙결정이 물로 변해 세포나 조직에 흡수되기 위하여 완만한 해동이 급속 해동보다 바람직하나, 갈변이나 단백질 변화 등 온도 변화에 민감한 식품이나 가공품은 급속한 해동도 필요함
- 해동 조건 : 보통 0℃에서 30~60분 정도가 일반적
- 드립(Drip)

- 동결품을 자연 방치하여 해동하는 경우 시간이 경과하여 용해가 진행됨에 따라 충분히 먹을 수 있는 상태에서 유출되는 액즙
- 빙결정이 녹은 물이 조직에 흡수 복원되지 않을 경우 드립으로 변함
- 동결에 의한 식품 내부의 변화가 클수록 드립이 많아지므로, 동결 과정에서 품질 변화를 측정하는 하나의 척도가 될 수 있음

## 6. 농산물의 저온 저장

### (1) 농산물의 저온 저장 효과

- 호흡 및 대사 작용의 억제
- 증산 작용의 억제
- 미생물의 활성이나 부패의 억제
- 발아, 발근의 억제 (근채류의 수확후 휴면 기간 연장 효과)

### (2) 최적 저장 온도

- 채소, 과실류의 최적 저장 온도는 일반적으로 0℃ 부근
- 품목에 따라서는 0℃ 이상의 상온에서도 저온 장해를 입는 경우가 있음
- 최적 저장온도 : 저온 장해가 없는 빙결점 직전의 온도

### (3) 저온 저장중의 장해 현상

- 가스 장해 : 밀폐 공간에서의 장기 저장시 청과물의 호흡에 의해 CO<sub>2</sub>의 농도가 높아져 상품가치가 떨어지는 피해 발생
- 동결 장해 : 청과물이 동결하면 조직내 얼음에 의해 세포가 파괴되어 사멸하는 피해
- 저온 장해 : 동결점보다도 훨씬 높은 온도에서 생리적인 장해를 일으키는 현상

### (4) 농산물의 예냉

① 목적 : 수확후 품온을 낮추어 호흡작용에 의한 발열량 처리와 증발 억제

② 예냉 방식

- 공기 예냉 (room cooling)
  - 냉각된 저온의 공기를 이용하여 농산물 표면과의 열교환
  - 방식 : 통풍냉각, 급속통풍냉각(강제통풍, 차압통풍)
- 진공 예냉 (vacuum cooling)
  - 농산물 주위의 압력을 낮춰 수분 증발을 촉진시키고 이때 빼앗기는 증발 잠열에 의해 품온을 낮추는 방식
- 냉수 냉각 (hydro-cooling)
  - 냉수를 사용하여 농산물과 열전달하여 냉각시키는 방식

- 방식 : 침지법(냉수에 담금), 살수법(농산물에 냉수를 뿌림)

(5) 농산물의 전처리

① 예냉 (앞의 내용 참조)

② 큐어링 (curing)

- 감자, 고구마, 양파 등 근채류에서 널리 행해짐
- 수확후 고온다습의 조건을 조성하여 농산물 표면의 상처부위에 코르크층의 형성을 빠르게 하여 병균의 오염이나 추가 손상을 방지
- 저온에 대한 저항력이 강하게 되고 저장성도 좋아짐
- 온도 32~35℃, 습도 85~90% 조건에서 약 4일간 처리

③ 예조 건조

- 수확 직후에도 청과물은 호흡 증산작용이 왕성
- 청과물의 종류에 따라 저장실 입고전에 가볍게 풍건조시키는 조치
- 적절한 예조 건조는 저장성을 좋게 하는 효과

④ 착색 처리

- 청과물의 추숙생리를 인위적으로 조정해 엽록소의 분해 소실을 촉진 시킴으로서 과실 특유의 성숙된 색상으로 조작
- 최근에는 대다수가 착색료를 이용한 인위적인 착색을 많이 사용

**7. 빙상 경기장**

(1) 링크 바닥의 구조

영구형 바닥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉각관이 콘크리트 바닥에 매설되어 일체화되어 있음</li> <li>• 튼튼한 바닥 구조로 내구성은 좋으나 배관 보수는 곤란</li> </ul>
개방형 바닥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 냉각관을 바닥위에 노출되어 고정된 후 물을 채워 결빙</li> <li>• 유지보수가 쉽고 냉각관을 제거하면 비시즌시 타용도 활용 가능</li> </ul>
철판형 바닥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 수영풀 등으로 겸용하는 경우에 적용</li> <li>• 결빙시간이 빠르고 운전비용이 적게 듦</li> <li>• 철판의 뒤틀림, 부식의 문제에 주의</li> </ul>
가설형 바닥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 링크 바닥 전체를 탈착이 가능한 가설형 바닥으로 형성</li> <li>• 체육관, 경기장, 수영풀의 겨울철 링크 사용시 적용</li> <li>• 냉기, 결로에 의한 기존 바닥의 손상, 하부층의 환기에 주의</li> </ul>

(2) 종류

- 대중 링크
- 피겨 링크
- 하키 링크
- 컬링 링크

- 스피드 링크

- 쇼용 가반식 링크

### (3) 링크 냉각관

#### ① 재질

- 바닥 구조에 따라 강관, 스테인레스관, 동관, 폴리에틸렌관, 합성수지관 등 다양하게 사용
- 폴리에틸렌관, 합성수지관
  - 열전도계수가 낮기 때문에 관 두께를 가능하면 얇게 해야 함
  - 온도 신축율이 크므로 길이를 고려해야 함
  - 햇빛에 노출되면 경화되므로 옥외 링크 시공시 주의
  - 스케이트 날에 손상되지 쉽기 때문에 얼음 두께를 두껍게 함

#### ② 배열 방식

- 중앙 헤더 방식
- 측면 헤더 방식
- 양단 헤더 방식

#### ③ 시공시 주의 사항

- 배관중에 공기가 고이지 않도록 배관 구매 및 수평에 주의
- 배관용 트렌치 내부 배관의 보온을 확실히 하고 바닥 배수도 설치
- 링크 얼음 관리를 위한 살수 배관의 시공 필요
- 링크 냉각관의 균등한 유량 분배가 가능토록 배관 구성이나 역환수 방식으로 배관 배치

### (4) 냉각 조건

#### ① 냉동 능력

- 초기 동결과 평상시 동결부하로 나누어 산정해 장비 구성
- 결빙에 필요한 열량
  - 물을 상온에서 0℃까지 냉각하는 열량
  - 동결 잠열
  - 0℃의 얼음을 소정의 온도까지 냉각하는 열량
- 평상시 얼음을 유지하기 위한 열량
  - 공기에 의한 열전달 손실
  - 공기중의 수분이 빙면에서 응축할 때의 응축 잠열
  - 링크 바닥 아래 지반으로부터의 침입열
  - 링크 사용인원에 의한 발열량
  - 조명기구(실내), 일사량(옥외) 및 기타
- 냉각 시간 : 12~16시간(ASHRAE), 장비 용량이 커지므로 일반적

으로 현업에서는 24시간 많이 적용

② 냉각 방식

- 직접 팽창 냉각 방식

- 암모니아, R-22와 같은 1차 냉매를 직접 링크 냉각관에 순환시켜 냉각하는 방식
- 효율적인 냉각이 가능하나 냉매 누설시 피해가 커 그리 많이 사용되지는 않음

- 간접 냉각 방식

- 1차 냉매로 열교환기를 통해 브라인을 냉각시켜 냉각관에 순환하여 빙면을 만드는 방식
- 브라인 : 염화칼슘이나 에틸렌글리콜의 수용액이 많이 사용됨
- 브라인 온도 : 보통  $-6\sim-9^{\circ}\text{C}$  정도 (빙면의 온도  $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$  유지, 하키 등은  $-6^{\circ}\text{C}$  정도로 낮춤)

③ 링크 살수 설비

- 연수 처리와 적절한 PH 유지 필요

- 물속의 미세공기를 제거해야 투명한 양질의 얼음을 얻을 수 있음

④ 얼음의 두께 : 50mm(냉각관 매설식)~70mm(플라스틱 냉각관) 정도

(5) 링크 설계 시공시 주의사항

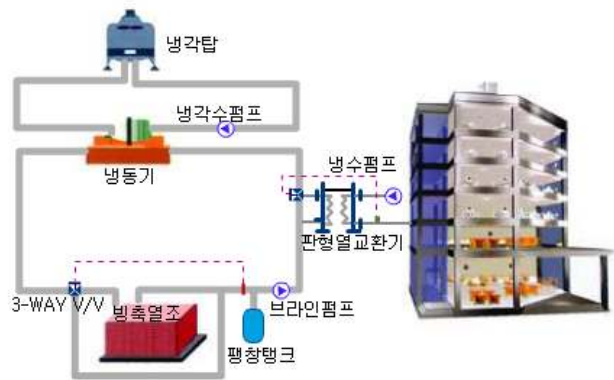
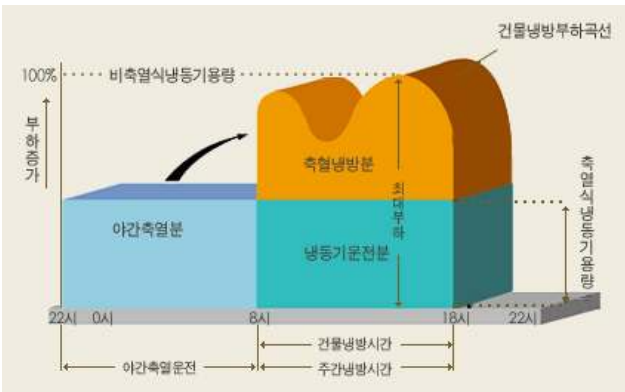
- ① 링크 설치 장소는 지하수위가 낮고 배수가 잘되는 토질이 바람직
- ② 건물의 완벽한 단열 및 투습 차단 대책이 절대적으로 중요함
- ③ 가급적 창문의 면적을 작게 하고, 햇빛의 유입이 적게 함(개폐식 창호 대신 유리블럭 등 시공, 차광막 설치, 빙면에 백색페인트 도색 등)
- ④ 정빙기(얼음 표면 보수장비)의 링크 진출입 및 보관 장소 고려
- ⑤ 설계시 결로 및 안개 발생에 대한 효과적인 제습, 환기 설비 검토

# <빙축열 시스템>

## 1. 개요

- (1) 비공조시간인 야간에 값싼 심야 전력을 이용하여 냉동기를 제빙 운전해 축열조에 얼음을 얼려 저장한 후, 주간 냉동 운전시간에 얼음을 녹여 건물에 냉방을 공급하는 시스템
- (2) 건물의 에너지 비용의 증대와 고유가, 전력 피크 부하의 해소 및 수전용량 절감, 정부의 적극적인 지원 대책에 힘입어 대형 건물이나 관공사에서 그 적용 실적이 점차 늘어나고 있음

## 2. 빙축열 시스템의 개념도



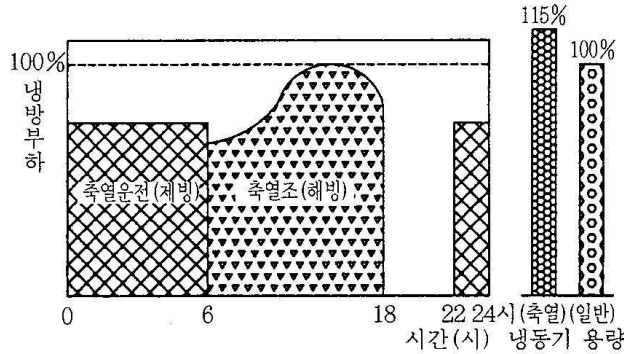
## 3. 빙축열 시스템의 종류

정적형	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 관외 착빙형           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전동결형 : 관내부 브라인(제빙/해빙용 열매), 관외부 물(정체, 저장)</li> <li>• 직접접촉식 : 완전 동결형과 동일한 구조이나 해빙시 물이 순환</li> </ul> </li> <li>② 관내 착빙형           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관 내부에 물이 순환, 관 외부에 제빙용 브라인 순환</li> </ul> </li> <li>③ 캡슐형           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 아이스렌즈형, 아이스볼형이 있음</li> <li>• 캡슐 내부에는 물이 들어 있고, 외부에는 브라인이 순환</li> </ul> </li> </ol>
동적형	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 빙박리형           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열교환기 내부에 냉매 순환, 외부에는 물을 분사시켜 제빙</li> </ul> </li> <li>② 액체형 빙생성형</li> </ol>

#### 4. 빙축열의 운용 방식

##### (1) 전부하 축열방식

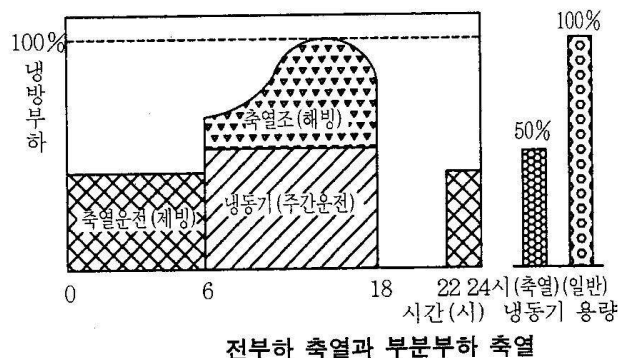
- 심야 전력이 적용되는 시간대에서만 냉동기를 가동하여 다음날 냉방부하 전체를 축열하여 사용하고, 주간에는 냉동기를 가동하지 않음
- 동력비가 가장 많이 절감되고 시스템 운전도 간단
- 축열조 용량이 커져 초기 투자비 및 설치공간이 늘어남
- 냉동기 용량도 커져야 하고, 제빙시 운전 온도가 낮아 COP가 떨어짐



##### (2) 부분부하 축열방식

###### ① 개요 및 특성

- 심야시간에 냉동기를 가동하여 주간 부하의 일부를 축열하고, 주간에 냉동기와 축열조를 동시에 가동하여 냉방하는 방식
- 전부하 방식보다 축열조와 냉동기의 용량을 줄일 수 있음
- 초기 투자비와 설치 공간은 줄일 수 있으나, 운전비는 증가됨
- 심야시간 축열량은 다음날 냉방부하의 40~50% 수준
- 축열조와 냉동기의 효율적이고 합리적인 부하 분담 및 운전 제어가 필요 (냉동기 우선 운전방식, 축열조 우선 운전방식)
- 현재 국내 대부분의 빙축열 시스템에서 적용중



###### ② 냉동기 우선 운전 방식

- 주간 냉방시 냉동기를 일정한 용량으로 운전하고, 나머지 변동 부하를 축열조의 방열 운전으로 분담하는 방식

- 냉방 운전의 안전성은 높아짐
- 부하 변동이 크거나 운전 미숙시 축열량을 전부 사용하지 못하게 되므로 운전비가 상승될 수 있음

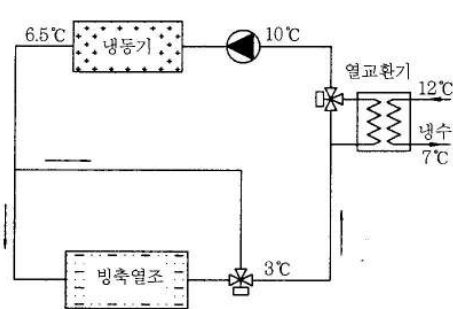
③ 빙축열 우선 운전 방식

- 주간 냉방시 축열조를 일정 용량으로 방열시켜 냉방부하의 일정 용량을 처리하고, 나머지 변동 부하를 냉동기의 운전을 통해 처리하는 방식
- 축열량을 최대한 사용하게 되어 운전비가 절감
- 축열조 방열량 조절이 적절치 않을 경우 최대 냉방 부하시 용량 부족 현상을 가져올 수 있음

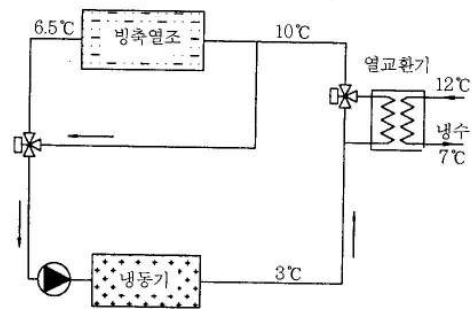
5. 빙축열 시스템의 구성

(1) 냉동기 상류형

- 냉동기를 축열조 상류측에 배치
- 냉동기에 유입되는 브라인의 온도가 높아 냉동기의 운전 효율은 높아짐
- 축열조는 유입되는 브라인 온도가 낮아 방열 효율이 떨어짐 (동일 축열량 대비 축열조가 약간 커져야 함)



칠러 상향류 방식



칠러 하향류 방식

(2) 냉동기 하향류형

- 냉동기를 축열조 하류측에 배치
- 축열조에 유입되는 브라인의 온도가 높아 축열조의 방열 효율이 좋아짐
- 냉동기는 유입되는 브라인의 온도가 낮아 운전 효율은 낮아짐

(3) 브라인 순환 펌프의 위치

- 축열조의 형식에 따라 순환펌프의 위치는 달라질 수 있음
- 냉동기나 축열조를 통과한 브라인이 냉수 펌프로 인하여 온도가 상승되지 않도록 가급적 열교환기 후단에 배치하는 것이 합리적

(4) 브라인 배관 방식

밀폐형 회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순환배관이 대기에 개방되지 않고 밀폐된 방식</li> <li>• 배관 계통의 부식이나 열손실 방지 측면에서 유리</li> <li>• 순환펌프 위치 선정에도 제약이 없음</li> </ul>
개방형 회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 축열조에서 브라인 배관이 대기중에 개방</li> <li>• 배관의 부식이나 축열조에서의 열손실, 브라인 수질 관리 등에서 다소 불리</li> <li>• 축열조 사양 선정에 비교적 자유로움</li> <li>• 순환펌프의 동력은 증가됨</li> </ul>

## 6. 빙축열 시스템의 응용

### (1) 저온 냉수 공급 방식

- 축열조내의 낮은 온도(1~3℃)의 저온수를 배관 계통으로 공급
- 일반 냉수보다 열용량이 커져 순환펌프 동력과 배관 공사비의 절감 가능
- 증가된 냉방 부하에 대한 대응이나 기존 건물의 개보수 공사시에 시스템 성능 증대 방안으로도 효과적임

### (2) 저온 공조 급기 방식

- 저온의 냉수를 이용하여 공조시스템에서 기존의 방식보다 훨씬 낮은 온도의 급기를 공급하는 방식
- 대온도차 공조 방식으로 송풍 동력의 대폭적인 절감이 가능
- 저온에 따른 저습의 급기로 부가적인 효과 가능(위생성 향상, 쾌적도 향상으로 설정온도 다소 향상 가능, 기타 특수 목적...)
- 저온 냉수 공급 방식과 마찬가지로 부하 증대나 개보수시 효과적인 대응책
- 덕트나 디퓨져에서의 결로, 실내 온도 기류 분포에 주의, 공조시스템 잠열 부하의 증대 등은 문제점

### (3) 브라인 직송 방식

- 저온의 브라인을 말단 공조 장비에 직송하는 방식
- 브라인의 점성이 크고 비열이 작기 때문에 동일 온도에서는 기존 방식보다 동력비가 증가됨

### (4) 물과 얼음의 혼합송수

- 냉수 계통에 물과 얼음(슬러리 형태)을 혼합하여 공급
- 냉방 용량 증대나 순환 동력 절감에는 유리
- 물과 얼음의 분리, 관로의 막힘, 분기관에서 얼음의 분배 문제 등 여러 가지 어려움으로 인하여 연구 개발의 단계

# <수축열 시스템>

## 1. 개요

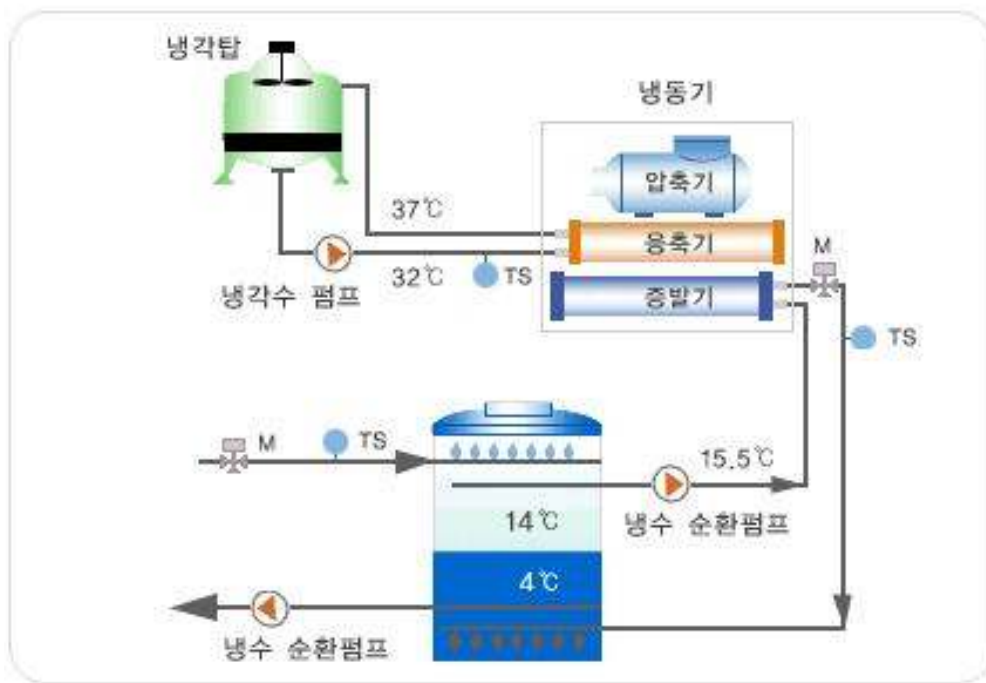
- (1) 물의 현열을 이용하여 축냉 및 방냉하는 축열 시스템
- (2) 운전관리가 용이하고 장비의 고효율 운전이 가능한 이점으로 최근 수축열 시스템에 대한 관심이 증가되고 있음

## 2. 수축열 시스템의 종류

- (1) 온도 성층화 시스템 : 냉온수의 부력차를 이용해서 냉수는 하부에 온수는 상부에 저장하는 방식
- (2) 분리막 시스템 : 저장조 중간에 가요성 고무막을 수평 또는 수직으로 설치하여 물리적으로 냉수와 온수를 분리하는 방식
- (3) 빈수조식 시스템 : 여러개의 분리된 저장조중 하나를 빈채로 두고 순차적으로 온수를 받는 방식

## 3. 구조 및 원리 (온도 성층화 시스템의 경우)

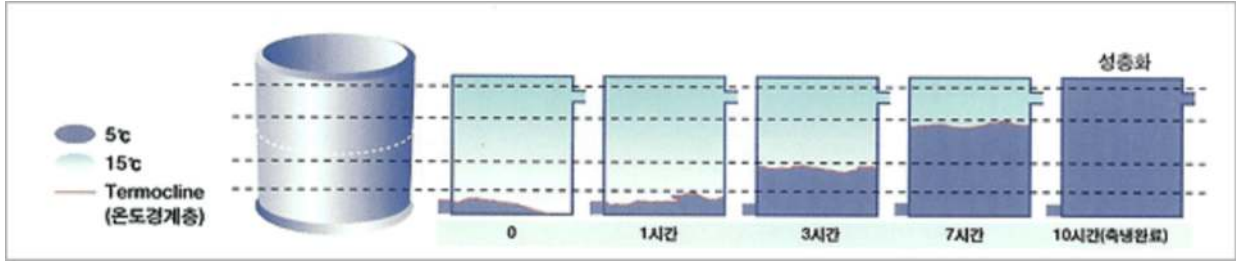
- (1) 시스템 구성



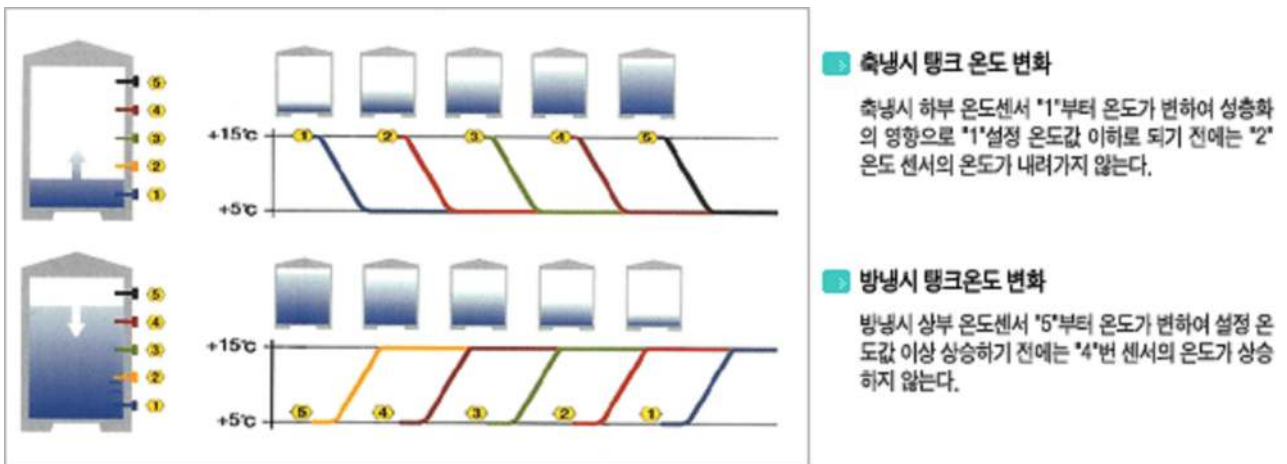
- (2) 작동 원리

- ① 야간 : 값싼 심야전력(22:00~08:0)을 이용하여 냉동기로 4~5°C의 냉수를 만들어 축열조에 저장

② 주간 : 냉방 부하설비로 순환시켜 열교환한 한 후 축열조 상부로 되돌아옴



③ 하나의 축열조 내에서 상,하부에 설치된 물분배기(diffuser)를 통하여 공급된 냉수와 환수가 비중차로 인하여 온도 성층화를 이루어 열을 저장되는 방식

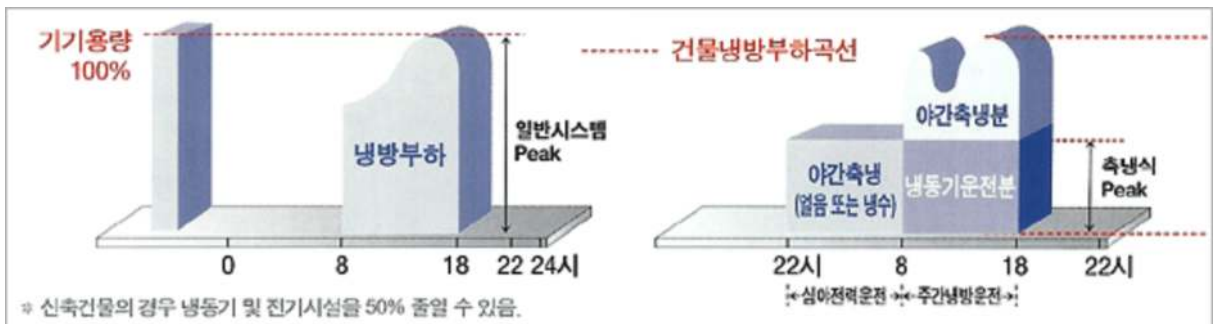


④ 동일한 원리를 이용하여 냉열뿐만 아니라 온열의 축열도 가능 (온수 및 환수 순환방향 냉방시와 반대)

#### 4. 수축열 시스템의 특징

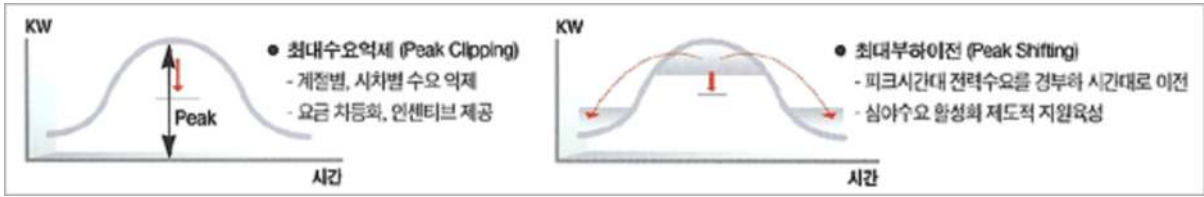
(1) 장점

① 비축열식에 비해 냉동기 용량이 50% 가량 감소



- ② 축열조의 구조나 축열 방식 등 시스템 구성이 간단하고 유지보수비 적다
- ③ 야간 및 주간의 운전조건이 동일하여 제어 및 조작이 용이
- ④ 부분 부하 변동에 대응이 용이(축열 및 방열효율이 좋음)
- ⑤ 전력수용량 감소에 따른 전기수전설비 축소

⑥ 운전비 절감(심야전력 이용, 운전 온도가 높아 냉동장치의 고효율 운전 가능)



- ⑦ 냉방뿐만 아니라 난방(온수)용으로도 사용 가능
- ⑧ 히트펌프, 태양열, 지열 등 여타 열원설비와의 호환성도 우수
- ⑨ 브라인 용액을 사용하지 않으므로 친환경적임
- ⑩ 축열조 및 제어설비의 설치만으로도 기존 냉난방 열원의 용량 증설 가능  
(건물 개보수나 시스템 성능 향상시 적용 용이)
- ⑪ 저장된 축열조 물을 다른 긴급 용도(소방용수, 갈수시 비상급수)로 전환 가능
- ⑫ 정부의 설치보조금, 설계장려금, 세제지원, 시설비 금융지원 등의 혜택

(2) 단점

- ① 빙축열에 비해 동일 체적당 축열량이 적어 설치면적이 많이 소요됨
- ② 개방형 축열조의 경우 열손실이 발생
- ③ 개방형 축열조의 경우 반송 동력이 크고 배관 부식이 촉진

5. 수축열과 빙축열 시스템 비교

구 분	수축열 시스템	빙축열 시스템	비 고
축열 상태	냉수 (현열)	얼음 (현열+ 잠열)	
축열 용량	적다	크다	동일 체적당
설비 소요 면적	크다 (축열조 빙축열의 약4배)	적다	
시스템 구성	간단	복잡	
부분부하 대응성	좋다	약간 어렵다	
순환펌프 동력비	(빙축열 대비) 불리 (개방식의 경우)	양호	
유지 보수	간단, 저렴	조금 많다 (브라인, 열교환기, 코일...)	
냉동기 운전효율	양호	낮다 (저온운전)	
축열/방열효율	좋다	수축열보다 낮다	
기 타	난방(온수)도 가능 축열조의 열손실(개방식)	밀폐회로→부식 적다 냉동기 저온운전으로 COP 떨어짐	