

|||||||  
特 輯  
|||||||

# 熱펌프의 原理와 特徵

朴 大 輝\*

## The Theory and Characteristics of Heat Pump

Dae Hui Park\*

### 1. 序 言

最近의 建物の 空氣調和技術을 보면 에너지節約 및 크린에너지 (Clean energy)에 대한 要求가 점점 증대하고 있다. 특히 1,2次 에너지 파동 後에는 建物空調뿐만 아니라 産業用 各種 熱源機器에서도 에너지가 重要한 問題로 대두되어 여러가지 에너지 節約對策이 추진되어 왔으나 지금까지의 對策으로서는 溫度가 높고 回收하기 쉬운 廢熱을 熱交換器에 의해 回收하는 것이 대부분이었다.

그러나 보다 效果的인 에너지節約을 추진하기 위해서는 環境과의 溫度差가 적은 低溫廢熱의 回收 및 效果的인 利用을 꾀하지 않으면 안된다.

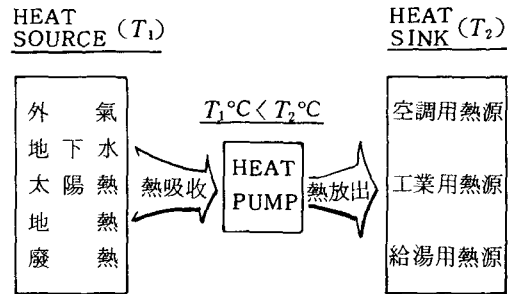
熱펌프는 이와같이 低溫廢熱의 再生利用에 대단히 效果的이므로, 에너지節約面에서 주목 할 만한 技術이라 하겠다. 특히 冷暖房을 필요로 하는 一般空調用일 경우는 반드시 高溫을 필요로 하지 않기 때문에 熱펌프의 適用이 훨씬 容易하여 앞으로 한층 利用·發展 되리라 본다. 本稿에서는 이러한 熱펌프의 原理, 種類, 特徵 및 System 設計方法에 대해 간단히 서술하고자 한다.

### 2. 熱펌프의 概要

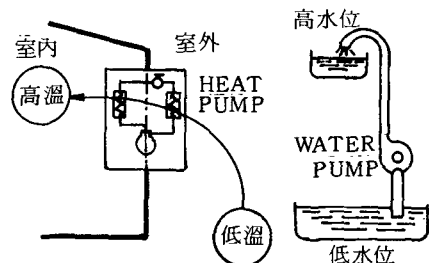
熱力學 第2法則에 의하면 「熱은 스스로는 低溫의 物體로부터 高溫의 物體로 移動할 수가 없다」라고 되어있다.

이것을 달리 말하면 「外部에서 일을 加하면 熱을 低溫의 物體로부터 高溫의 物體로 移動시킬 수 있다」로 된다. 이러한 原理를 기초로 움직이는 裝置가 熱펌프이다.

즉 熱펌프란 그림-1 과 그림-2 에서 보는바와 같이 低溫의 物體 (Heat source)로부터 熱을 吸收하여 溫度가 높은 物體 (heat sink)에 放熱하는 機器나 裝置를 말한다. 이것은 마치 물펌프가 낮은 水位의 물을 높은 水位까지 퍼올리는 것과 같이 때문에 熱펌프라고 하는 것이다.



(그림 1) HEAT PUMP의 原理圖



(그림 2) HEAT PUMP와 WATER PUMP의 比較

\* 正會員, 慶元機械工業株式會社 設計部

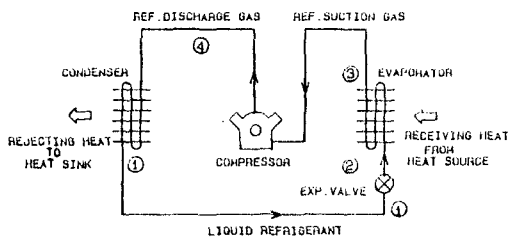
이러한 열펌프는 原理적으로 冷凍機와 같으나, 冷凍機가 冷凍사이클 中 蒸發器에서의 吸熱作用 (이것을 冷凍效果라고 한다)만을 利用하는 것이 라면, 熱펌프는 放熱作用(이것을 加熱・煖房效果라고 한다) 모두를 利用하든가, 혹은, 加熱・煖房效果만을 利用하는 것을 말한다.

熱펌프에는 여러가지 構造와 型式의 것이 있으며 앞으로 계속해서 새로운 裝置・시스템이 開發, 發展될 것으로 생각되나 現在 가장 광범 위하게 使用되고 있는것은 크게 나누어서 壓縮 式과 吸收式 2種類가 있다.

3. 壓縮式 熱펌프

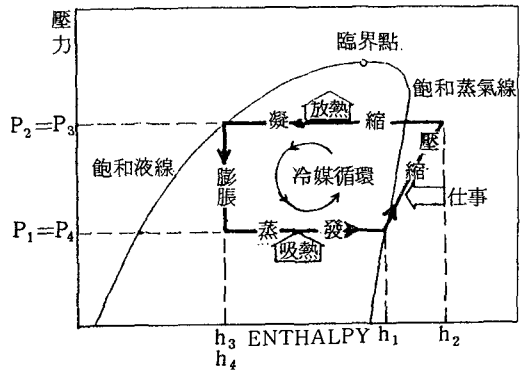
3-1 基本特性

壓縮式 熱펌프는 冷媒의 飽和溫度가 壓力에 의 해 다른것을 利用한 것으로, 低溫・低壓의 冷媒가 蒸發器에서 주위로 부터 熱을 빼앗아 冷媒蒸氣로 되며, 이것을 壓縮器에서 壓縮하여 高溫 高壓의 狀態로 만들어 다시 凝縮器에서 凝縮시켜 주위로 熱을 放出시키는 것이다. 結果적으로 蒸發器 溫度에 相當하는 熱을 凝縮器의 溫度가 지 昇溫 시켜 그 熱을 利用하는 것이다.



(그림 3) 壓縮式 熱펌프의 基本構成

그 基本的인 構成要素는 (그림 3)에서와 같이 低溫部의 熱交換器인 蒸發器, 高溫部의 熱交換 器인 凝縮器, 壓縮器, 膨脹 밸브 등이다. 作動媒 體는 蒸發→壓縮→凝縮→膨脹→蒸發의 변화를 반복하면서 裝置內를 循環하게 된다. 이 基本 사 이클을 Mollier 線圖上에 표시하면 (그림4)와 같다.



(그림 4) 壓縮式 熱펌프의 基本사이클

壓縮式 熱펌프의 性能은 投入한 機械의 量에 대한 發生熱量의 比率인 成績係數 (Coefficient of performance) 를 使用하여 (1)式과 같이 표시 한다.

$$COP_h = \frac{Q_c}{A \cdot L_w} \dots\dots\dots (1)$$

단,  $L_w$  : 投入한 量 (kw)

$A$  : 일의 熱當量 (kcal/kw·h)

$Q_c$  : 發生熱量 (kcal/h)

(그림 4)의 記號를 使用하면, 冷媒循環量을  $G$  (kg/h) 라고 할 때,

$$\text{壓縮機量} : A \cdot L_w = G \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots(2)$$

壓縮機理論動力 :

$$P_o = \frac{A \cdot L_w}{860} = \frac{G (h_2 - h_1)}{860} \dots\dots (3)$$

$$\text{凝縮器放熱量} : Q_c = G (h_2 - h_3) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{冷凍效果} : q_o = h_1 - h_4 \dots\dots\dots (5)$$

蒸發器吸熱量 :

$$Q_o = G \cdot q_o = G (h_1 - h_4) \dots\dots\dots (6)$$

이때 冷凍機의 冷凍成績係數는

$$COP_c = \frac{Q_o}{A \cdot L_w} = \frac{G (h_1 - h_4)}{G (h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots(7)$$

또 (1)式은

$$COP_h = \frac{G (h_2 - h_3)}{G (h_2 - h_1)} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots (8)$$

로 되며,  $h_3 = h_4$  이므로

$$COP_h = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{(h_2 - h_1) + (h_1 - h_4)}{h_2 - h_1}$$

$$= 1 + COP_c \dots\dots\dots (9)$$

로 되어, 壓縮式 熱펌프는 冷凍機로서 使用했을 경우에 얻어질수 있는 冷凍效果에 비해 成績係數로서 1만큼 큰 加熱效果를 얻을수 있다.

이것은 아무리 效率이 나쁜 壓縮式 熱펌프라도 投入된 에너지보다는 큰 熱量을 얻을수 있다는 것을 나타내는 것이다. 그리고 熱펌프의 成績係數 最大值는 逆카르노 사이클의 效率로서 주어지며, 式(10)으로 표시된다.

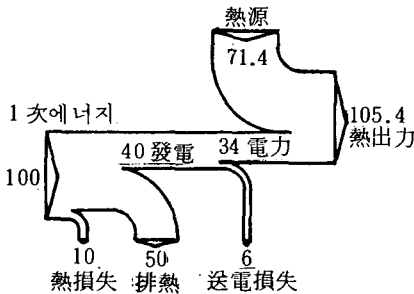
$$COP_{max} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (10)$$

단,  $T_1$  : 低溫熱源의 溫度 (°K)

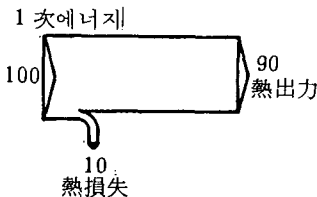
$T_2$  : 高溫熱源의 溫度 (°K)

따라서 壓縮式 熱펌프의 性能은 溫度差 ( $T_2 - T_1$ )에 의해 左右되는 것을 알 수 있다.

COP가 3.1, 昇溫幅 40°C인 壓縮式 熱펌프를 運轉하여 最終적으로 利用할 수 있는 熱量(需要熱量)과, 이것을 電動機로 驅動했을 경우,



(a) 電動 熱펌프



(b) 보일러

(그림 5) 電動 熱펌프와 보일러의 熱收支

所要電力을 發生시키기 위한 1차에너지(燃料等) 量과의 關係를 比較한 것이 (그림 5)의 熱收支圖이다.

이것을 보면 1차 Energy를 가지고 發電이나 送電할때의 熱損失을 감안해도, 熱펌프는 다른 熱源 機器보다도 有利한 것을 알 수 있다.

### 3-2 熱源과 方式

#### 3-2-1 熱源

熱펌프의 熱源으로서는 다음과 같은 條件들을 구비하여야 한다.

- 즉 (1) 容易하게 얻을수 있을것.
- (2) 溫度가 높을것(成績係數가 좋게 된다).
- (3) 量이 풍부할것.
- (4) 溫度, 量 共히 時間的 變化가 적을것.
- (5) 冷房運轉時는 凝縮器로 부터의 放熱을 제거할 수 있을것(冷煖房 겸용일 경우).

이러한 條件들을 구비한 熱源으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

(1) 水 : 물을 熱源으로 하는 경우 地下水, 湖水, 市水, 工業用水, 廢水, 溫泉水 등이 있고, 물은 熱容量이 커서 熱源으로서 가장 바람직스러운 것이다. 일반적으로 水熱源 熱펌프의 경우 地下水가 가장 많이 사용되는데 地下水는 年間을 통하여 溫度가 거의 일정하고 冷房運轉時에는 凝縮器의 冷却水로서도 利用할 수 있으므로 設備費, 運轉費 등을 고려할때 가장 우수한 熱源이다. 그러나 地下水를 퍼올림에 의해 地盤沈下, 地下水 고갈등의 環境적 문제를 고려하지 않으면 안된다.

(2) 空氣 : 空氣는 무한히 얻을수 있기 때문에 지역에 따라서는 가장 유망한 熱源이다. 우리나라에서도 南部地方에서는 겨울철에도 기후가 온화하므로 利用하는데 별 問題가 없으리라고 생각된다. 그러나 空氣熱源 熱펌프는 氷點以下로 내려갈 경우 採熱코일(冷房運轉時의 空冷凝縮器)에 結霜이 생기기도 하고 또 空氣는 熱傳導率이 작으므로 장치가 大形으로 되는 결점이 있다. 또

溫度가 내려갈수록 性能로 低下하므로 電氣 히터등의 보조熱源과 병용하는 경우가 많다.

(3) 室內發生熱：最近 事務室用 Building 등에서는, 照度의 증가 事務機器등의 증가에 의해 建物內에서의 電氣에너지의 소비도 증가한다. 이 때문에 冬期에도 建物內의 어떤部分에서는 冷房이 必要로 하는 경우가 있다. 이 熱을 回收하여 暖房이 必要한 建物의 다른 部分을 暖房할 수 있다. 이 方式을 熱回收方式이라 하여 最近, 注目을 받고 있는 空調方式이다.

(4) 그외의 熱源：上記이외의 熱源으로서는 地熱, 太陽熱, 工業用 廢熱등이 있다. 地熱의 경우는 地表 3m 以下에서는 溫度가 비교적 安定되어 있어 충분히 利用할 수 있는 熱源이지만 코일(採熱 코일)의 地中埋設을 위한 設備費가 높은 것. 地質의 種類등에 의한 熱容量 예측의 어려움 및 고장시(코일의 파손등)의 보수 곤란등의 問題때문에 그다지 利用되고 있지 않다.

太陽熱은 屋外에 集熱器를 設置하여 一般적으로 물을 媒體로 하여 熱을 回收한다. 이 採熱量은 時刻天候에 크게 좌우되므로 蓄熱槽가 必要하다.

3-2-2 熱펌프方式

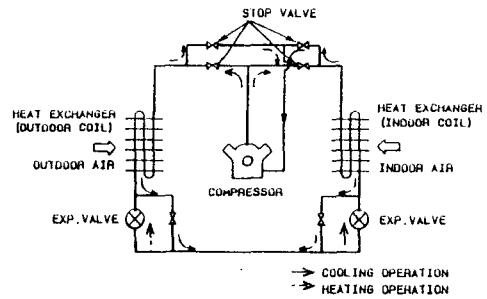
空調에 利用되는 熱펌프 方式은 熱源, 傳熱媒體, 傳熱方式, 空調方式, 操作方式등에 의해(표 1)과 같이 分類된다. 이러한 각 方式의 概要는 다음과 같다.

<表 1> 熱펌프의 方式

方 式		變 換 方 式
熱源側	加熱側	
空 氣	空 氣	冷媒回路變換方式 空氣回路變換方式
空 氣	물	冷媒回路變換方式 水 回路變換方式
물	空 氣	冷媒回路變換方式
물	물	冷媒回路變換方式 水 回路變換方式

(1) 空氣 - 空氣方式 (冷媒回路變換方式)

이 方式은 暖房時에는 空氣를 熱源으로 하여(그림 6)에 나타낸 바와 같이 冷媒의 흐름을 冷房時와 暖房時에 逆으로 흐르도록 變換하여 利用하는 것이다. 즉 冷房運轉에서는 室內코일에서 室內의 熱을 採取하여 室內를 冷房하며 이 熱을 壓縮機에 의해 冷媒를 매개로 하여 室外코일로 移送하여 大氣로 熱을 放出한다. 暖房運轉으로 되면, 그림中의 切換밸브를 操作하여 冷媒의 흐름을 冷房運轉과 逆으로 하여 室外코일에서 外氣로부터 熱을 採取하여 그것을 壓縮器에서 昇溫하여 室內 코일에 利動시켜 그 熱로 室內空氣를 加熱하여 暖房한다.



(그림 6) 空氣 - 空氣方式 (冷媒回路 變換方式)

外氣는 時間的으로 溫度變化도 크고 또 外氣溫度가 내려가면 室內暖房負荷는 증가하지만 熱펌프의 能力은 逆으로 低下하므로 電氣히터 등의 보조熱源이 필요한 경우가 많다.

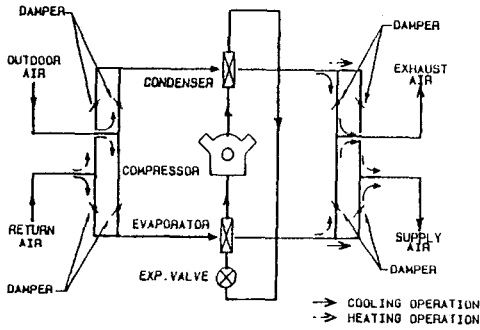
外氣코일을 採熱器로서 使用하는 경우 溫度의 低下와 함께 코일 表面에 結霜을 일으켜 熱펌프의 能力을 低下시키므로 除霜裝置가 필요하다. 除霜方式으로서는 電氣히터 고온 가스方式, 브라인 스프레이 (brine spray), 溫水 스프레이 등의 方法이 있다. 空氣熱源으로서는 外氣外에 建物로 부터의 排氣, 工業用排熱등을 利用하는 경우도 있다.

(2) 空氣 - 空氣方式 (空氣回路變換方式)

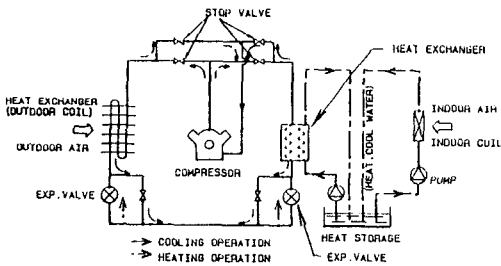
이 方式은 (그림 7)에 표시된 것처럼, 冷媒回

路變換 대신에 空氣回路를 변경하므로 冷房時에 外氣는 凝縮器側으로 흘러 熱을 빼앗아 室外로 排氣된다. 한편, 室內로 부터 換氣는 蒸發器側으로 흘러 蒸發器에서 熱을 빼앗겨 冷却되어져서 室內로 보내진다. 暖房運轉으로 되면 댐퍼의 變換으로 外氣는 蒸發器側으로 흘러 熱源으로서 熱을 빼앗겨 室內로 排出되고 室內로 부터의 換氣는 凝縮器에서 加熱되어져 室內로 보내진다.

이 方式은 冷媒變換方式에 비해 裝置가 크게 되고 또 蒸發器에서의 除霜에 장시간이 걸리는 등의 점에서 그다지 使用되고 있지 않다.



(그림 7) 空氣-空氣方式 (空氣回路變換方式)



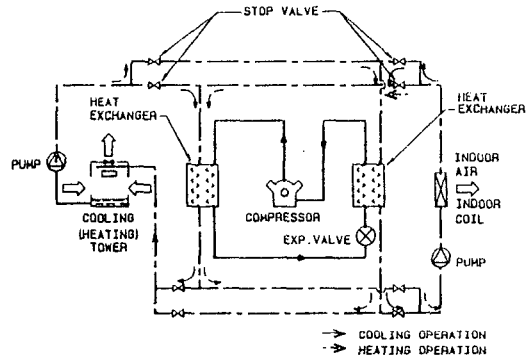
(그림 8) 空氣-물方式 (冷媒回路變換方式)

(3) 空氣-물方式(冷媒回路變換方式)

이 方式은 (그림 8)에 表示된 바와 같이 冷房時는 蒸發器에서 冷水를 만들어 이 冷水를 冷溫

水 코일에 보내 室內空氣를 冷却하여 室內를 冷房한다. 逆으로 暖房運轉으로 하면 冷媒回路를 變換하여 蒸發器가 放熱器로 되고 이것에서 溫水를 만들어 室內空氣를 加熱하여 暖房을 한다.

특히 蓄熱槽를 設置하면 部分負荷運轉도 容易하고 또 裝置容量도 작게 할수 있으므로 경제적이다. 이 方式은 小型으로 부터 大型에 걸쳐 利用加能하나 現在로서는 中型, 大型裝置에 많이 使用되고 있다.



(그림 9) 空氣-물方式 (물回路變換方式)

(4) 空氣-물方式(물回路變換方式)

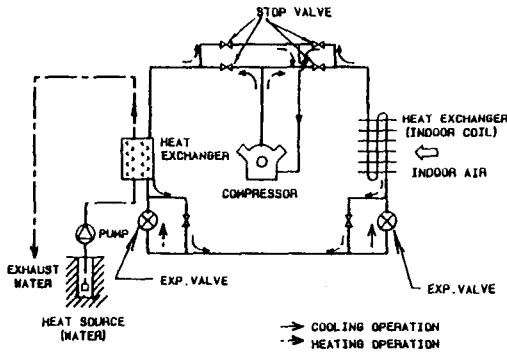
이 方式은 (그림 9)와 같이 冷房運轉時는 冷溫水 코일에 冷水를 넣어 室內空氣를 冷却하고 이 冷水는 다시 冷凍機의 蒸發器로 흘러 冷却 순환된다. 한편 凝縮器에는 冷却塔로부터 冷却水가 흘러 凝縮器의 熱을 제거한다.

暖房運轉때는 冷水回路와 冷却水回路를 바꾸는 것에 의해 冷却塔는 加熱塔(heating tower)으로 되어, 大氣로 부터 熱을 빼앗아 蒸發器(採熱器)에서 熱펌프의 熱源으로 된다. 한편 冷房時의 凝縮器는 放熱器로 되어 이것으로부터 나온 溫水는 冷溫水 코일에 흘러 室內空氣를 加熱시켜 暖房을 行한다. 加熱塔은 外氣가 0°C以下로 내려갈 경우, 순환수의 凍結 컨트롤, 冷却塔이 開放型인 경우, 冷却水(熱源水) 水質管理등의 주로 保守上의 面에서 使用例는 적다. 이 方

式에서는 蓄熱槽의 併用이 經濟上, 運轉上 좋다.

(5) 물 - 空氣方式

이 方式은 (그림 10)과 같이 冷房運轉時는 蒸發器에서 빼앗은 熱은 凝縮器로 부터 冷却水 (地下水등)로 移動하여 放出된다. 暖房運轉으로 되면 冷媒回路를 切換하는 것에 의해 凝縮器는 採熱器(冷房時의 蒸發器의 역할)로 되어 冷却水 (熱源)로 부터 熱을 採取하여 이 熱을 熱펌프에서 放熱器(冷房時의 凝縮器의 역할)로 移動시켜 여기서 室內空氣를 加熱시켜 暖房을 한다. 熱源이 地下水와 같이 年間을 통하여 비교적 安定한 溫度이면 運轉 및 能力도 安定되어 좋다.



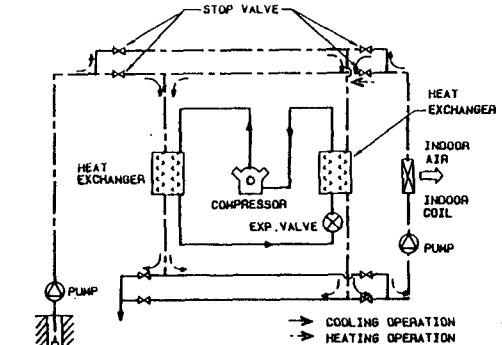
(그림 10) 물 - 空氣方式

(6) 물 - 물方式(水回路變換方式)

이 方式은 (그림 11)과 같이 冷房, 暖房 각각의 運轉을 水路切換에 의해 行하는 것으로 冷房時는 蒸發器에서 冷水를 만들어 室內코일에 흐르게 하여 冷房을 한다. 凝縮器로 부터는 蒸發器에서 빼앗은 熱과 壓縮熱을 冷却水(地下水등)로 移動하여 屋外로 放出한다. 暖房運轉일때는 水路를 變換하는 것에 의해 熱源(冷房時의 冷却水)이 蒸發器로 들어와 熱源으로부터 熱을 採取한다.

이 熱은 壓縮器에서 昇溫되어 放熱器 (冷房時의 凝縮器)로 移動하여 여기서 熱을 放出하여 溫水를 만들어 冷溫水 코일에 보내 室內를 暖房

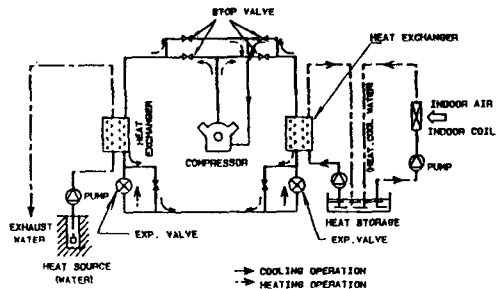
한다. 이 方式은 항상 冷溫水를 만들어 利用할 수 있으므로 복잡한 負荷特性的 建物에 應用할 때 蓄熱槽를 使用하여 裝置도 經濟的으로 設計할 수 있다.



(그림 11) 물 - 물方式  
(물回路變換方式)

(7) 물 - 물方式(冷媒回路變換方式)

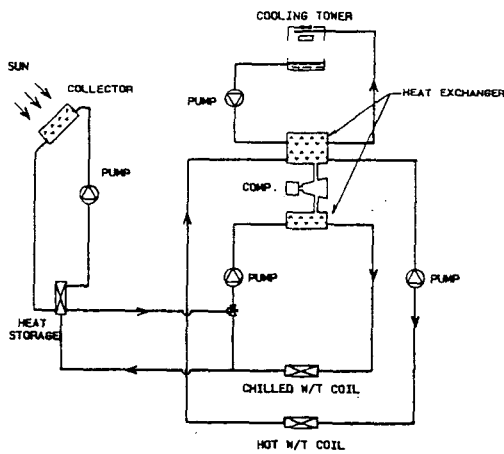
이 方式은 (그림 12)와 같이 水回路는 冷房時 暖房時, 一定하고 冷媒回路의 切換에 의해 冷房時의 凝縮器는 採熱器(冷房時 蒸發器의 역할)로 되어 蒸發器는 放熱器(冷房用 凝縮器의 역할)로 된다. 이 方式은 基本的으로 上述의 水路切換方式과 거의 동일하다.



(그림 12) 물 - 물方式  
(冷媒回路變換方式)

(8) 太陽熱 利用에 의한 方法

太陽熱의 採取는 一般의 方法으로 물을 媒體로 하여 行한다. 太陽熱은 氣象條件 時刻등에 크게 左右되므로 蓄熱裝置가 必要하다. 이 方式은(그림 13)과 같이 冷房時는 蒸發器에서 冷水를 만들어 그것에 의해 室內을 冷房하고 이때 室內로부터 빼앗은 熱은 凝縮器에서 冷却水에 의해 屋外로 放出된다. 한편 暖房運轉일때는 熱源으로서 蓄熱槽內에 저장된 溫水를 冷却側에 混流시키는 것에 의해 蒸發器(採熱器)에 負荷를 걸어 熱펌프로 昇溫시켜 凝縮器(放熱器)로부터 나온 溫水를 暖房에 利用한다. 이 그림에서는 凝縮器가 2 개로 나누어져 있는데 이와같은 型式을 더블 번들 컨덴서(Double bundle condenser)라고 부른다.



(그림 13) 太陽熱 利用 熱펌프 方式

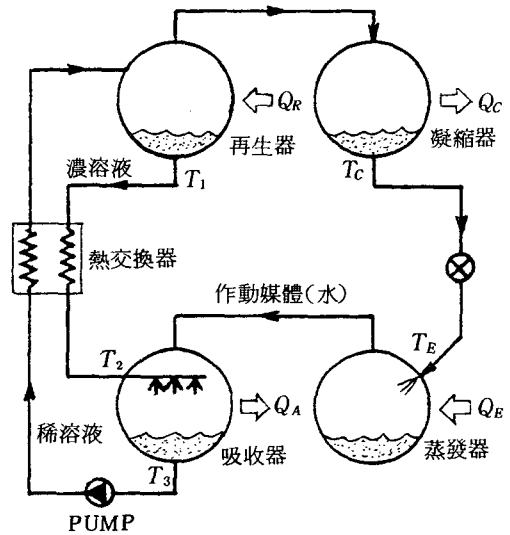
4. 吸收式 熱펌프

4-1 基本特性

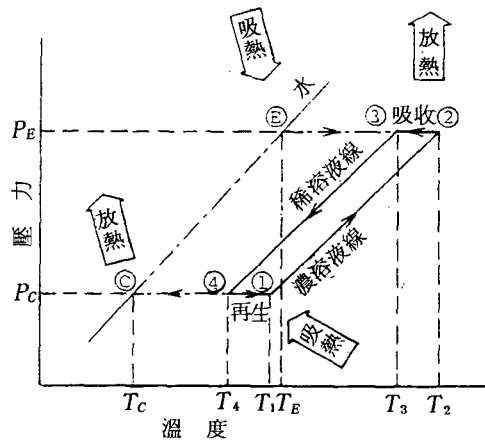
주로 工業用廢熱回收用으로 많이 利用되는 吸收式 熱펌프는, 作動媒體의 蒸發·凝縮에 의해 熱을 外部로부터 끌어들이어 이것을 高溫에서 放出하는 點에서는 壓縮式 熱펌프와 똑같다. 그러나 吸收式 熱펌프는 機械的인 壓縮法을 使用하지

않고, 作動媒體蒸氣와 이것에 溶解되기 쉬운 吸收劑를 使用하여 溶液을 만들 경우 液面의 蒸氣壓이 낮으면 液中에 蒸氣가 溶解吸收되고 逆으로 蒸氣를 吸收한 溶液을 加熱하면 蒸氣가 放出되는데 이와같은 蒸氣와 溶液사이의 吸收放散作用을 利用하여 作動流體를 移動시켜 사이클을 形成한다.

一般의 方式으로 作動媒體로서 물을, 吸收劑로서 LiBr 를 使用한다.



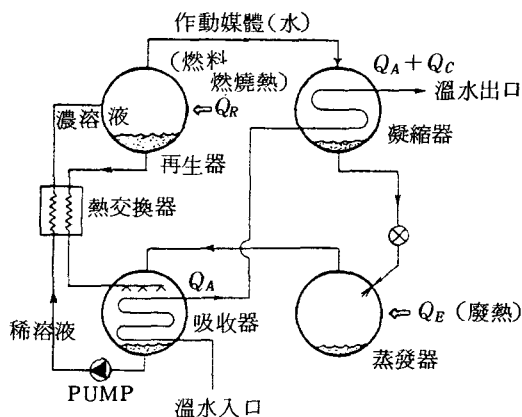
(그림 14) 吸收 熱펌프의 基本構成



(그림 15) 吸收式 熱펌프의 基本사이클

基本的인 機器構成을 (그림 14)에 또 LiBr 水溶液의 溫度-壓力線圖 (Dühring 線圖) 上에 표시한 基本사이클을 (그림 15)에 나타낸다. 蒸發器의  $T_E$  溫度 Level 에서 熱을 吸收하여  $T_2 \sim T_3$  의 溫度 Level 에서 放熱시키기 때문에 熱펌프라고 부른다. 여기서, 逆으로  $T_1 \sim T_4$  의 溫度의 吸熱作用만을 利用한다면 바로 吸收式 冷凍機가 된다. 지금까지는 주로 後者로 利用되고 있다. (그림 15)에서 엄밀하게는 다르지만 ①→②, ③→④, ⑤→⑥의 各線은 거의 平行이기 때문에  $T_2 - T_E \approx T_1 - T_C$  로 된다.

따라서 熱펌프에 의한 昇溫幅 ( $T_2 - T_3$ )은 再生器의 加熱源 溫도와 凝縮器의 冷却源 溫도와 의 差(이것을 驅動溫度라고도 한다) 보다도 크게 될수는 없다. 그리고 (그림 15)에서는 蒸發行程의 壓力  $P_E$ 가 凝縮行程의 壓力  $P_C$ 보다도 높은 경우를 나타내고 있으나 加熱源과 被加熱源의 溫度에 의해 반대로 될수도 있다. 後者의 경우를 第1種 吸收式 熱펌프, 前者의 경우를 第2種 吸收式 熱펌프라고 부르며 原理的으로는 全部 똑같고 利用目的이 다르다.



(그림 16) 第1種 吸收式 熱펌프 原理圖

4-2 第1種 吸收式 熱펌프

第1種 吸收式 熱펌프 (그림 16)의 原理圖와 같이 기존의 吸收式 冷凍機와 똑같이 高溫水나 蒸氣, 혹은 高溫의 廢熱등과 같은 高溫熱源을 再生

器에 加해 利用 困難한 低溫熱을 蒸發器에서 吸收하여 凝縮器 및 吸收器에서의 放熱作用을 통해 溫水등의 形態로 取出하게 된다. 즉, 蒸發器에서는 熱源(주로 廢熱이 된다)으로 부터 流入된 熱로 作動媒體(水)를 蒸發시키고 이 蒸氣는 吸收器의 溶液에 吸收되면서 溶液은 發熱하게 된다. 이 熱에 의해 溫水等을 加熱시키게 되는 것이다.

이러한 過程은 等壓下에서 이루어진다.

溶液이 作動媒體를 吸收하여 濃度가 떨어지면 (이것을 稀溶液이라고 한다) 吸收能力이 低下되므로 이것을 펌프로 再生器로 보낸다. 再生器에서 外部로 부터 蒸氣等の 高溫의 熱에너지를 받아 吸收器에서 吸收한 作動媒體를 蒸發시킨다. 이리하여 원래의 濃度로 되돌아온 溶液 (이것을 濃溶液이라고 한다)은 다시 吸收器로 되돌아와 吸收作用을 계속하게 된다. 再生器中에서 溶液으로 부터 蒸發한 作動媒體 蒸氣는 凝縮器로 들어와 여기서 外部로 熱을 放出하여 凝縮液화한다. 이 過程도 等壓下에서 이루어지며 凝縮器에서의 放熱에 의해서도 溫水等을 加熱할 수가 있게 된다. 液化한 作動媒體는 다시 蒸發器로 되돌아가 사이클을 반복하게 된다. 再生器와 吸收器 사이의 溶液回路에는 熱交換器를 設置하여 高溫溶液의 熱을 低溫溶液으로 回收함으로써 再生器에서 必要한 加熱量을 節減시킨다. 目的으로 하는 溫水는 一般的으로 吸收器에서 凝縮器로 直列로 흐르게 하는 경우와 각각 別個로 取出하여 利用하는 2 가지 경우가 있다. 이와같이 作動媒體 蒸氣의 吸收→昇壓(溶液펌프)→加熱·濃縮(作動媒體 蒸氣의 分離)→減壓(絞縮밸브)→作動媒體 蒸氣의 吸收라는 일련의 變化를 吸收사이클이라고 하고 이 變化를 反復하면서 機內를 循環하는 液을 吸收液이라고 한다.

이러한 吸收式 熱펌프의 熱收支를 보면, 들어온 熱과 나가는 熱은 똑같으므로 損失을 無視할 경우

$$Q_R + Q_E = Q_A + Q_C \dots\dots\dots (11)$$



여기서

$Q_R$  : 再生器入熱量

$Q_E$  : 蒸發器入熱量 (廢熱利用)

$Q_A$  : 吸收器出熱量

$Q_C$  : 凝縮器出熱量

즉,

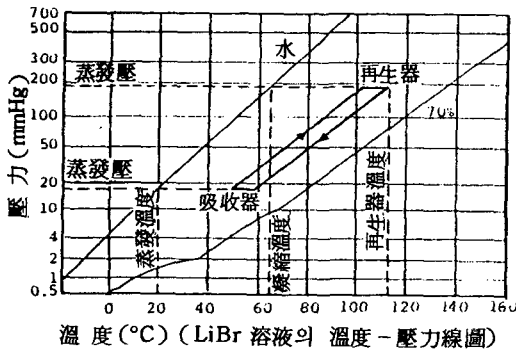
熱펌프가 받은 熱量 :  $Q_R + Q_E$

熱펌프가 放出한 熱量 :  $Q_A + Q_C$

第1種 熱펌프의 경우 外部에서 加한 驅動熱源은  $Q_R$ 만이고, 加熱에 利用하는 熱은  $Q_A$ ,  $Q_C$ 이므로 이때 成績係數는

$$COP = \frac{Q_A + Q_C}{Q_R} = \frac{Q_R + Q_E}{Q_R} = 1 + \frac{Q_E}{Q_R} \dots (12)$$

로 되어 항상 1보다 크게 된다. 또 이 成績係數는  $Q_E/Q_R$ , 즉 蒸發器에 吸熱되는 低溫熱源의 熱量이 크면 좋게 된다.

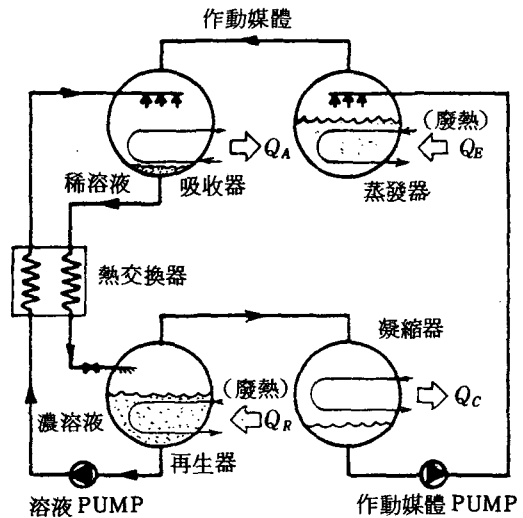


(그림 17) 第1種 吸收式 熱펌프의 사이클

一般的으로  $Q_E$ 는 全熱량의 40~45%를 차지하고 있어 熱펌프를 使用하는 경우 기존 Boiler를 使用할 경우보다 약 40~45%의 에너지節約이 可能해진다. 例로서, 再生器溫度 113°C 凝縮器溫度 65°C, 蒸發器溫度 20°C 吸收器에서의 濃度變化를 5%로 했을 때의 사이클을(그림 17)에 나타냈다. 發生可能 溫度는 再生器의 最低溫度인데 이 경우 약 100°C이다. 一般的으로 약 80~120°C 程度의 發生溫度를 얻을 수 있다.

4-3 第2種 吸收式 熱펌프

(그림 18)는 第2種 吸收式 熱펌프의 原理圖이다. 工場等으로 부터의 廢溫水 혹은 廢蒸氣를 蒸發器와 再生器에 끌어들이고, 凝縮器에는 이러한 廢熱과 冷却水와의 溫度差를 驅動力으로 하여 廢熱보다도 높은 溫度의 熱을 吸收器에서 回 收利用하는 것이다.



(그림 18) 第2種 吸收式 熱펌프 原理圖

이것을 좀더 자세히 說明하면 熱源인 廢溫水 혹은 廢蒸氣를 蒸發器에 끌어들이어 廢溫水 혹은 廢蒸氣가 가지고 있는 熱을 作動媒體(水)가 빼앗게 된다. 이 熱에 의해 蒸發한 媒體蒸氣는 吸收器에서 吸收溶液(LiBr 水溶液)에 吸收된다. 이 吸收過程에서 發生한 熱量에 의해 吸收器를 통과한 물이 加熱되어 溫水가 얻어지게 된다. 이때 얻어진 溫水溫度는 熱交換面積이 無限大라고 假定하면 吸收된 冷媒蒸氣의 飽和溫度보다도 溶液의 沸點上昇分만큼 높아지게 된다.

作動媒體蒸氣를 吸收한 稀釋된 溶液은 교축 벨트를 통과하여 再生器에 들어간다. 再生器에서는 Tube 內를 흐르고 있는 廢溫水 혹은 廢熱氣에 의해 溶液이 加熱되어 沸騰하고 濃縮된다. 濃縮된 溶液은 溶液펌프에 의해 熱交換器를 통과하면서

吸收器로 부터 나온 高溫의 稀容液과 熱交換後 吸收器로 되돌아와 吸收를 반복한다. 再生器에서 蒸發된 作動媒體의 蒸氣는 凝縮器로 들어가 튜브內를 흐르고 있는 溫度가 낮은 冷却水에 의해 冷却되어 凝縮한다. 液化한 作動媒體는 冷媒 펌프에 의해 蒸發器로 운반된다. 이와같이 하여 再生器와 蒸發器로 들어온 廢熱과 凝縮器를 통과하는 冷却水와의 熱差를 利用하여 吸收器에서 廢溫水 혹은 廢蒸氣보다도 高溫의 溫水를 얻는 것이다.

廢熱以外的 에너지를 거의 必要로 하지않는 方法이고 熱收支面에서는 (11) 式의 右邊의  $Q_C$  가 利用될수 없으므로 이 成績係數는

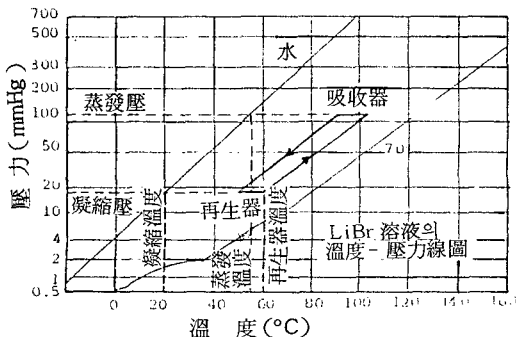
$$COP = \frac{Q_A}{Q_R + Q_E} = \frac{Q_R + Q_E - Q_C}{Q_R + Q_E} = 1 - \frac{Q_C}{Q_R + Q_E}$$

..... (13)

로 되어 항상 1보다 작다.

一般的으로는 約 0.5 정도이지만, 入熱로서 溫排水, 排蒸氣等 廢熱이 利用될 수 있으므로 그 應用性은 크다고 생각된다.

再生器溫度 60°C, 凝縮溫度 20°C, 蒸發溫度 55°C, 吸收器에서의 濃度變化를 5%로 했을때의 사이클을 (그림 19)에 나타냈다. 發生할수 있는 溫度는 吸收器의 最低溫度이고 이 경우 약 90°C이다. 一般的으로 150°C 以下の 溫度를 얻을수 있다.



(그림 19) 第2種 吸收式 熱펌프의 사이클

### 5. 熱펌프 시스템 設計順序

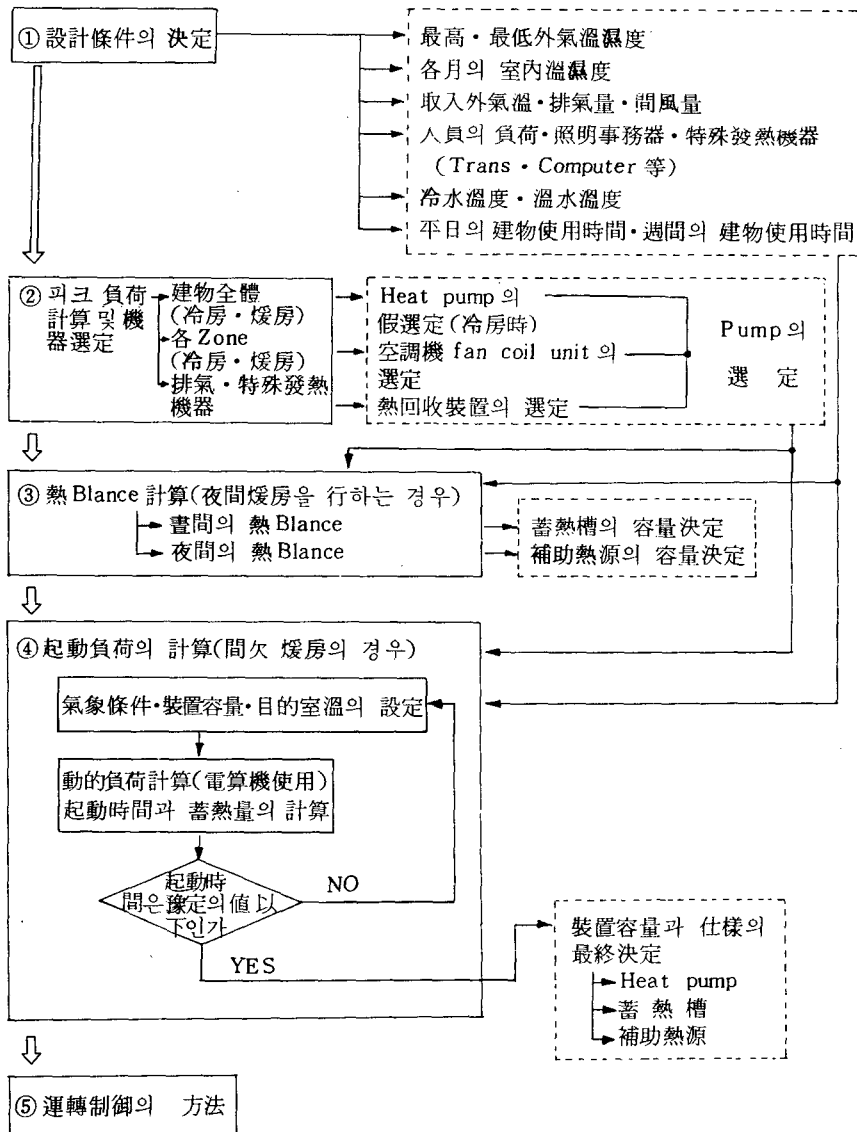
熱펌프 시스템을 實際로 適用하기 위해서는 먼저 熱需要狀況, 利用하고자 하는 採熱源의 狀況등을 면밀히 파악할 必要가 있다. 採熱源으로서는 앞에서 설명한 바와 같이 工場廢熱, 空氣等의 環境熱, 太陽熱, 地熱등 여러가지 熱源이 있으나 大部分은 50°C 程度以下の 溫度레벨이다. 그리고 熱펌프는 보일러와 달리 高溫의 熱을 一時에 多量으로 얻기가 어려우므로 冷煖房의 設計計劃時 積極的인 에너지節約을 꾀하기 위해 建物の 熱特性, 使用條件 등에 대한 檢討는 물론 초기 投資費, 運轉費 등에 대해서도 詳細한 檢討를 行할 必要가 있다.

시스템의 設計順序의 한예를 (그림 20)에 나타냈다.

### 6. 結 言

熱펌프는 一般的으로는 使用할 수 없는 比較的 低溫의 廢熱을 有效하게 이용할 수 있다는 점에서 注目 할만한 기술이라는 것은 이미 앞에서도 설명했다.

外國의 경우를 보면 熱펌프는 煖房, 給湯用機器로 대단히 활발하게 補給活用되고 있을 뿐만 아니라 機種 容量, 溫度範圍의 擴大에 따라 그 應用分野도 확대되어 特히 産業用 農業用에로의 適用도 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 우리나라에서는 熱펌프에 대한 全般的인 認識부족으로 開發 補給이 대단히 미진한 상태이나 動資部를 중심으로 몇몇 有關機關에서는 熱펌프는 국가적 에너지節約 次元에서 전략적으로 육성, 보급시켜야 할 에너지節約技術이란 점을 認識하고 金融, 稅制 및 電力料金制度의 개선을 추진하고 있으며 국내 몇개의 業體에서도 이미 熱펌프를



(그림 20) 熱펌프 시스템의 設計順序例

개발 보급하고 있어 그 수요는 점점 더 늘어날 것으로 展望된다. 그러나 熱펌프의 더욱더 活潑한 보급을 위해서는 業體側에서는 機器의 開發·改善시켜야 함은 물론이고 使用者 혹은 設備 設計者側에서도 熱펌프에 대한 충분한 知識을 갖고 시스템의 組合等 에너지節約의 側面에서 적극적인 利用方法을 연구 검토하여야 할 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

1. 高田秋一·四十宮眞次: 工業用ヒートポンプ
2. 空氣調和·衛生工學會編: 空氣調和衛生工學 便覽 第10版
3. 日本空調技術出版社: 空氣調和와 冷凍 VOL. 22, NO. 12
4. 日本空調技術出版社: 空氣調和와 冷凍 VOL. 22, NO. 9