

# 히이트파이프의 熱回收裝置

(Heat Recovery - How Can the Heat Pipe Help?)

Donal P. Deyoe

(ASHRAE Journal, April, 1973)

金 皓 永\* 譯

## 1. 히이트파이프란?

히이트파이프는 一種의 熱良導體로서 溫度差가 적은 高溫部와 低溫部 사이에 多量의 熱移動을 發生시키는 것이다. 이때의 히이트파이프 外部의 熱傳導率은 一般金屬들의 값보다 현저하게 크고 綱의 約 1,000倍에 달한다. 이 熱移動現象에 있어서 熱傳導, 對流 및 복사가 大部分의 現象이고 히이트파이프 內부의 熱移動 機構는 후에 설명하도록 하며 이것은 密閉싸이클을 이루고 있다. 히이트파이프 自體는 機械的인 可動部分이 전혀 없는 장치이며, 그 自體外에는 熱移動을 發生시키기 爲한 特別한 動力은 必要없다. 그中에는

外部에서의 에너지로써 重力을 利用하는 重力式이라 부르는 것도 있지만 大部分은 이것과 다른 방식이다. 히이트파이프 한개의 構造는 하나의 密閉싸이클로 構成되며 內部에는 wick(원통 모양으로서 모세관 현상을 일으키는 구조)가 채워져 있고 열운반 母體로써의 冷媒가 封入되어 있다. 파이프 本體의 材質은 普通金屬이지만 그 形狀은 目的에 따라서 여러種類가 있다. wick로서는 金屬으로된 網, 燒結金屬, 金屬纖維, 구멍 뚫린 金屬板 外에 非金屬材로는 펠트(毛氈), 천, 유리섬유 등이 사용되고 있고, 封入 冷媒로서는 물, 암모니아, 아세톤, 불화탄소(fluorocarbons), 알콜, 液體金屬 등이 사용되고 있지만, 이들 冷媒

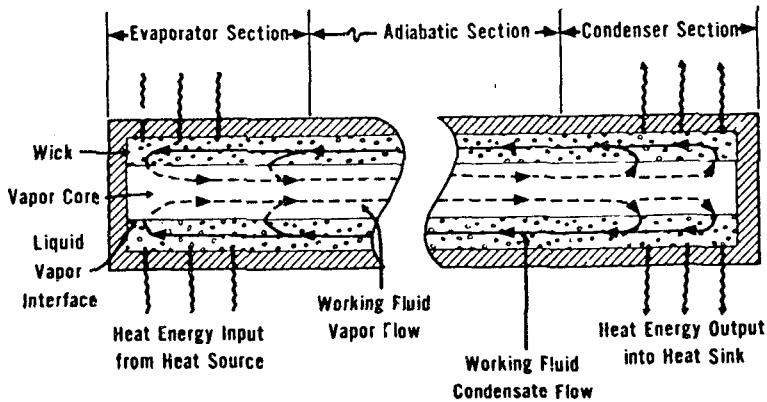


그림 1 히이트파이프의 構造

\* 正會員, 高麗大學校 機械工學科

는 워크에 모세관 現象을 일으키기 쉬운 것이 必要조건이다. 파이프本體, 워크 및 冷媒의 히이트파이프를 構成하는 三要素는 히이트파이프가 사용되는 條件에 따라 적절하게 組合되어야 한다 그림 1은 히이트파이프의 基本的인 構造를 나타내는 것이다. 히이트파이프의 증발기부분(evaporator section)은 高溫部의 熱에너지가 파이프 本體의 壁面을 傳導現象을 통하여 파이프 内部의 壁面을 傳導해서 파이프 外部로 傳熱시킨다. 응축했던 液化冷媒는 워크를 포화시키고 워크의 모세관 現象에 의하여 다시 증발기부분으로 환원된다. 冷媒는 이 사이클을 반복하여 파이프內를 순환한다. 이 사이클을 일으키게 하기 위해서 必要한 파이프 및 워크, 冷媒의 條件은 다음과 같다.

파이프는 冷媒의 蒸發壓力 以上の 耐壓에 견디어야 하며 또한 熱傳導率이 높고 長期의 連續使用에 견디는 材質이어야 한다. 또 워크의 가장 重要한 條件은 液化冷媒에 對해서 充分한 모세관 現象을 發生시킬수 있는 材質이어야 하며 冷媒의 種類에 의해서 選定해야 하며 熱傳導率이 높은 材質이 유리하다. 冷媒는 높은 純度, 表面張力, 증발잠열 및 密度가 클수록 좋으며 液化冷媒의 粘性係數는 적을수록 유리하다. 또 冷媒는 독성, 폭발성등을 일으키지 않게 취급에 용이해야 한다

## 2. 熱回收裝置의 應用

히이트파이프는 원자로 冷却에서부터 家庭用品에 이르기까지 그 應用 範圍가 넓고 또 에너지 回收面에 특히 應用된다. 이미 히이트파이프는 簡單한 熱回收裝置로써 製品化되고 있고 普通 복잡화하는 熱回收裝置를 簡純化 시키고 있다. 空氣調에 있어서의 具體的인 例는 닥트시스템중에 熱回收裝置로써 利用되고 있다. 이 熱回收裝置는 그림 2에 나타낸 것과 같고 히이트파이프가 가로질러 여러개 있고 表面에 翅(fin)을 붙인 熱交換器로 中央이 斷熱材로 중앙이 分離되어 있다 이것으로 熱交換器는 完全히 두개로 分離되어 있고 이 두개로 分離된 熱交換器 各各에는 아주 다른 덕트가 接續되어 있다.

그림 3은 덕트가 연결된 狀態를 나타낸 것이고

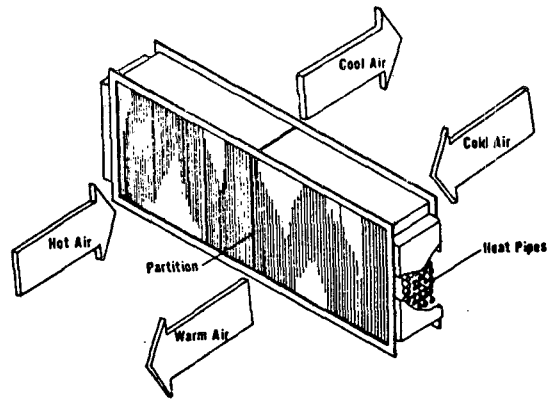
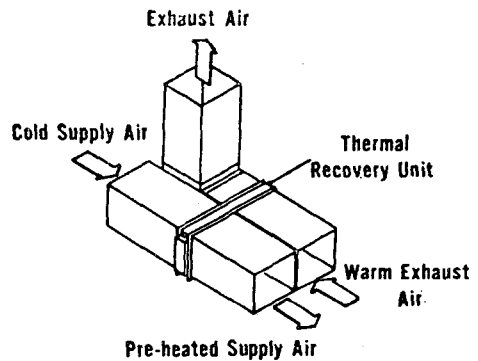


그림 2 히이트파이프의 熱回收裝置



Pre-heated Supply Air

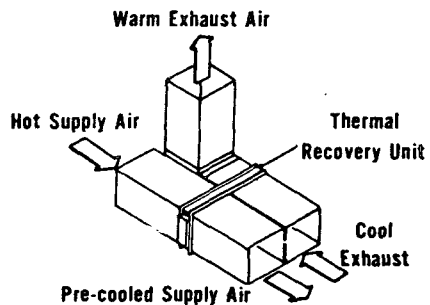


그림 3 應用的 例

이 그림에서는 한쪽이 外氣空氣를 吸入하는 덕트, 다른 한쪽은 排氣 덕트이다. 난방시에는 排氣가 가진 열에너지가 히이트파이프를 통해서 吸入되는 外氣에 傳達된다. 따라서 結果的으로는 吸入 外氣는 排氣에 의하여 豫熱되어지기 때문에 난로 및 보일러 등의 熱源機器의 負荷가 一部 減少되고 設備容量 및 消費燃料의 節減을 가져온다. 한

편 冷房時에는 吸入된 空氣의 熱에너지는 히이트파이프를 통하여 排氣로 傳熱되고 이 結果 吸入되는 外氣는 여기에서 豫冷된다. 따라서 冷凍機의 負荷의 一部가 減少되고 冷凍機의 設備容量 및 消費動力의 減少를 가져온다.

### 3. 回收効率

空氣調和用 熱回收裝置에 使用되는 히이트파이프의 封入冷媒로는 불소화탄소(fluorocarbon)系統의 R-12(dichlorodifluoromethane), R-14(dichlorotetrafluoroethane)가 가장 많이 使用된다. 空氣調和에서의 熱回收性能으로는 한쪽 덕트중의 利用可能한 熱에너지에 對하여 實際로 다른 한쪽의 덕트로 回收할 수 있는 열량의 比率이다. 이것은 回收効率 RF(the recovery factor)로 表示된다.

回收効率 RF는 圓의 表面積, 히이트파이프의 個數, 덕트內의 風量, 風速 및 密度, 溫度差에 의한 영향을 받는다. 보통 이 값은 계산에 의하여 求해지며 製作者들은 RF를 結定하는데 必要한 그림표와 데이터를 表示해 놓았다. 이것에 의하면 히이트파이프를 사용한 熱回收裝置의 RF는 약 0.58~9.78의 範圍이며 이것은 이미 서술한것 같이 高溫側덕트중의 利用可能 熱에너지의 약 58~78%가 低溫側의 덕트로 回收할 수 있다는 것을 나타낸다. RF가 구해지면 回收熱량의 計算은 용이하다. 즉 回收熱量  $Q(\text{Btu/h})$ 는  $Q = 1.08 \times \text{風量}(\text{ft}^3/\text{min}) \times \text{溫度差}(\text{deg F}) \times \text{RF}(\text{Btu/h})$ 로써 나타낸다. 예를 들자면

條件	數值
排氣風野	5,000 cfm
吸入風野	6,000 cfm
冬秀設計條件	
度氣溫度	10°F DB
排氣溫度	75°F DB
夏季設計條件	
外氣溫度	90°F DB
排氣溫度	75°F DB
回收効率(RF)	0.70

일때의 回收熱量  $Q(\text{Btu/h})$ 는

冬季運轉時

$$\text{回收熱野 } Q = 1.08 \times 5,000 \times 65 \times 0.70 = 245,700 \text{ Btu/h}$$

夏季運轉時

$$\text{回收熱量 } Q = 1.08 \times 5,000 \times 15 \times 0.70 = 56,700 \text{ Btu/h 이다.}$$

이때의 여름의 外氣負荷는 습열, 잠열의 合計로 180,000 Btu/h이다. 따라서 이때의 外氣 處理分의 設備容野는 15RT이고 이 熱回收裝置를 使用하므로써 이중 4.7 RT 분이 回收裝置에서 回收熱로 移動된다. 이러한 結果로써 이때의 設備容量 및 運轉時에 따르는 動力이 節約된다. 이예로는 熱回收裝置에 의한 잠열분의 回收는 전혀 없겠지만 高溫側의 圓 表面에서 結露現象이 생기는 경우에는 回收効率에 잠열도 고려할 필요가 있다 그러나 그것을 위해서는 製作者에 의한 잠열回收율에 대한 테스트가 充分히 이루어지지 않으면 안된다. 製作者들은 현재 潛열은 0으로 가정한다

### 4. 運轉

運轉은 圓 表面에서의 着霜防止와 熱回收裝置 出口의 空氣溫度 調節을 위해서 行하여지고 있다. 一般적으로 使用되는 運轉方法에는 두가지가 있으며 바이패스(bypass) 運轉法과 경사運轉(tilt control)法이 있다. 바이패스 運轉法은 주로 着霜防止를 하기 위하여 使用하는 것이며, 熱回收裝置의 外氣吸入 덕트內의 뎀퍼(Damper)에 의하여 吸入外氣의 風量を 調節한다. 外氣溫度가 강하여 着霜溫度가 되면 뎀퍼가 닫혀지고 환기풍량을 증가시키며 着霜을 防止한다. 이때 外氣吸入風量の 減少와 함께 排氣에서의 回收熱野도 同時에 減少한다. 이미 서술한것 같이 많은 히이트파이프는 重力式은 아니지만 경사에 의해서 위크의 모세관현상이 변화하고 熱特性에 영향을 미치는 特性 변화를 利用한 것이 경사운전법이고 一般적으로 증발기부분 즉 高溫側의 位置를 높게하여 히이트파이프에 경사를 주는 것에 의해서 RF를 연속적으로 0까지 變化시킬 수 있다. 이 運轉方法은 着霜防止 및 部分負荷時의 熱回收裝置 出口溫度 調節에도 使用된다.

### 5. 熱回收의 經濟性

최근 에너지價格의 安定化 對策이 積極적으로 추진되어져 오고 있는바 10年後의 에너지 價格의 上昇은 의심할 여지가 없다. 따라서 現在 行하는 熱回收裝置에의 投資는 10年後를 생각하여 無意味하지 않으며 장래 이것에 의한 運轉費用의 節

減이 기대된다. 하이트파이프에 의한 熱回收裝置를 비롯해서 여러종류의 熱回收裝置의 시스템의 채용은 當面의 熱源機器의 設備容量의 縮小化와 運轉費의 節減뿐만 아니라 장래 에너지價格까지를 고려했던 에너지회수, 운전비의 節減等으로 검토해야 할만한 것이라 생각된다.