

液管中에 있어서 플래시蒸氣의 發生

液管中に おける フラッシュ蒸氣の 發生

源生一太郎

(冷凍 1972年 6月 第47卷 第536號)

諸 聖 玟 譯

膨脹밸브 直前에서 Flash 蒸氣가 發生하면 冷凍機의 性能이 低下한다. 이것은 특히 Flash 蒸氣가 發生하기 쉬운 R-12를 使用했을 때 切實한 問題가 되며 이 Flash 蒸氣의 發生에 關해서 一般 參考書에서는 잘못된 說明들이 있어 이를 올바르게 理解하기 爲해서 여기에 液管中에 Flash 蒸氣가 發生되는 機構에 關해서 說明한다.

1. Flash 蒸氣發生에 關한 잘못된 說明

液管中에 Flash 蒸氣가 發生되는 理由를 說明하면, 例로서 이에 關한 試驗問題는 「冷媒液의 過冷却度에 相當하는 壓力 以上の 壓力損失이 있을 경우, 또는 液管周圍의 高溫에 依해서 液의 過冷却度 以上으로 溫度가 上昇하면 過冷却液은 飽和狀態가 되어 Flash 蒸氣가 發生한다」고 되어 있으며 그리고 冷媒種類에 따라서 蒸氣가 發生하기 쉬운 程度를 比較하면, 例로서 R-12와 암모니아를 比較한 試驗問題에 對한 解答은 다음과 같다.

「液의 比重量은 R-12는 암모니아의 約 2배의 크기이다. 더구나 壓力損失에 對한 對應飽和溫度의 差는 R-12에 있어서는 암모니아에 比해 數倍의 크기이다. 따라서 R-12쪽이 液管中에 있어서 對應飽和溫度의 低下가 容易해서 Flash 蒸氣가 發生하기 쉽다」

이러한 說明에는 過冷却度에 相當한 壓力인가, 壓力損失에 對한 對應飽和溫度의 差인가에 따라서 어렵게 表現되고 있는데 이러한 것을 要約한다면

壓力 P 와 飽和溫度 t_s 와의 關係를 말하고 있는 것인데 壓力損失에 對한 對應飽和溫度의 差가 크다고 하는 것은 圖 1에서 보는 바와 같이 $P-t_s$ 曲線의 勾配가 작다는 것을 意味한다.

위에서 말한 說明은 受液器에서 液管으로 들어가는 冷媒는 그때 이미 어느程度의 過冷却度에 있는 過冷却

液인지를 前提하고 있다. 即 圖 2에 있어서 液管으로 들어가는 冷媒液은 壓力이 P_2 이고 溫度는 P_2 에 있어서의 飽和溫度 t_{s2} 보다 낮으며 t_w 로 한다. 이것은 溫度가 一定하고 壓力이 내려가면 過冷却液의 狀態에서 飽和液의 狀態로 가까워지며 壓力이 t_w 에 있어서의 飽和壓力 P_w 까지 내려가면 飽和液이 되며 다시 壓力이 내려가면 飽和蒸氣狀態가 되므로 Flash 蒸氣가 發生하는 것이라고 說明하고 있다. 그리고 液管에서의 加熱로 인한 Flash 蒸氣의 發生에 關해서는 過冷却度 Δ 에 있는 高壓液이 加熱에 依하여 溫度가 上昇하면 狀態는 飽和液에 가까워지고 溫度上昇이 Δ 로 되면 飽和液이 되며 그 이상 加熱되면 飽和蒸氣가 되어 Flash 蒸氣가 發生하는 것이라고 說明하고 있다.

그리하여 壓力低下의 경우에 대해서는 R-12는 암모니아 보다 $P-t_s$ 曲線의 勾配가 적기때문에 적은 壓力低下에서 飽和液이 되며 더욱이 R-12液의 比重量은 크므로 液管內의 壓力低下가 크고 따라서 Flash 蒸氣가 생기기 쉬운 것이라 한다.

即 $P-t_s$ 曲線의 勾配가 적은 경우와 液의 比重量이 클 경우가 Flash 蒸氣發生의 主要因이 되어 있다.

液管을 통한 冷媒液의 加熱에 依해서도 R-12便이 암모니아보다 Flash 蒸氣가 發生하기 쉬운나 이럴 경우는 위와 같은 生覺으로는 說明이 안된다. 이것은 液管內에 Flash 蒸氣가 發生되는 理由에 關한 生覺으로는 그릇된 것이기 때문이다.

即 「受液器에서 液管으로 들어가는 冷媒는 이미 過冷却狀態로 있다는 것에 잘못이 있다. 그래서 또 液管에 있어서 冷媒液의 엔탈피의 變化가 Flash 蒸氣가 發生하는가 안하는가에 큰 關係가 있다는 見解가 빠져 있다는 것이다」

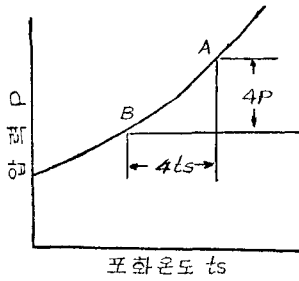


圖 1

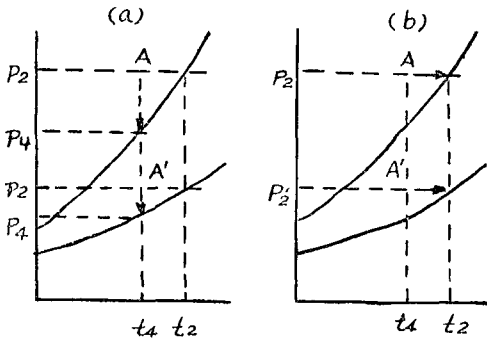


圖 2

2. 液管中에 있어서 Flash蒸氣의 發生機構

液管으로 들어간 冷媒의 狀態

受液器內에는 冷媒의 液과 蒸氣가 共存하고 있음으로 冷媒는 飽和狀態이다. 그리하여 그 壓力은 응축기內의 壓力과 같으며 即 凝縮壓力 P_2 이다. 故로 受液器에서 液管에 들어가는 冷媒는 凝縮壓力 P_2 에 있어서의 飽和 液이며 물리어線圖上에는 圖 3의 A點으로 表示된다. 이 엔탈피는 高壓 P_2 에 있어서 飽和液의 엔탈피 i_2' 와 같다.

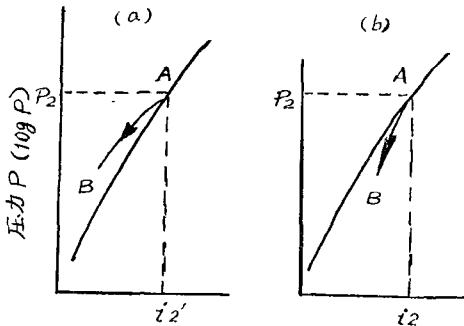


圖 3

液管中에 있어서의 冷媒狀態의 變化

液管에 들어간 冷媒는 凝縮壓力 P_2 에 있어서의 飽和 液이므로 그 溫度는 凝縮溫度 t_2 이며 이것은 外氣溫度

보다 높다.

故로 高壓液은 液管內를 通할 동안 이것과 外氣와의 溫度差에 依해 熱을 放出한다. 그 結果 液管內를 들어 감에 따라서 冷媒液의 엔탈피는 점차로 減少한다.

그리고 壓力에 關해서는 液管의 垂直上昇 높이나 液의 흐름에 對한 抵抗에 依해서 冷媒液의 壓力 P 는 점차로 低下한다. 따라서 冷媒의 狀態는 圖 3에 나타난 것 과 같이 A에서 壓力 P 내지 엔탈피 i 가 減少하는 方向으로 變化하여 膨脹밸브 直前에 있는 冷媒는 B와 같은 狀態가 된다.

液管中에 있어서 壓力 P 의 低下度와 엔탈피 i 의 減少量과의 關係와 飽和液線의 傾斜와의 關係에 따라서 B點은 圖 3(a)에 나타난 것과 같이 過冷却域內에 있고 또는 圖 3(b)에서 보는 바와 같이 飽和域內에 位置한다 B點이 飽和域內에 있을 때는 膨脹밸브 直前에 Flash蒸氣가 發生되 있는 것이 된다.

A에서 B까지의 經路는 液管의 配管狀況에 따라서 다르며 膨脹 밸브直前에 Flash蒸氣가 發生되었는지의 如否는 變化의 經路에는 關係없고 B點의 位置만으로서 定한다.

예를 들면 液管이 受液器를 나와 垂直으로 높이 올라 간 뒤 水平으로 配管되어 있을 경우 프레온과 같이 液의 比重量이 큰 冷媒로서는 液管의 垂直上昇에 依해서 壓力 P 의 低下가 뚜렷하여 엔탈피 減少에 비하면 壓力의 低下가 크므로 冷媒의 狀態는 圖 4에 있어서 AC와 같이 되어 狀態點은 飽和域內를 移動하게 되므로 垂直管內에 있어서 Flash蒸氣가 빨리 發生하게 된다. 올라 가다 水平管을 지날때는 壓力低下는 아주 적지만 엔탈피의 減少는 그 變化가 없으므로 C, B와 같이 傾斜가 적은 曲線으로 나타나며 水平部分의 길이가 아주 길 때에는 D點에 있어서 飽和液이 되어 그때부터 過冷却狀態에서 變化가 進行되어 膨脹밸브 直前에는 B와 같이

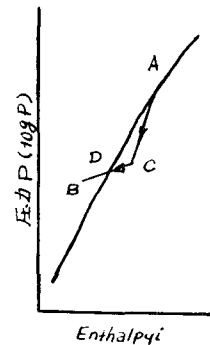


圖 4

過冷却液이 된다. 卽 이럴 경우에는 垂直管內 Flash蒸氣가 빨리 發生되는데 水平管內를 지나는 동안 엔탈피가 減少함에 따라서 Flash蒸氣量은 漸次로 減少하여 그 變化曲線이 飽和液線과 交叉하는 點 D에 達하면 Flash蒸氣는 消失한다. 이와 같이 變化的 經路에 의하면 膨脹밸브에 達할 때까지의 途中에서 Flash蒸氣가 發生할 경우도 있는데 이럴 때는 膨脹밸브 直前에는 Flash蒸氣가 發生한 것이라 할 수 없다.

3. Flash 蒸氣發生의 要因

壓力 P도 均等尺度를 取해 表示한 물리어線圖에서 飽和液線은 圖 5의 L, L'과 같고 몇개의 위로 오목한 曲線으로 表示한다.

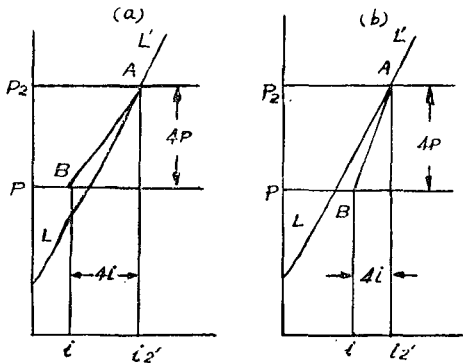


圖 5

飽和液의 엔탈피를 i' 로 表示한다면 飽和液線의 勾配는 $\frac{dp}{di'}$ 로 表示된다. 受液器에서 나와 液管으로 들어가는 冷媒는 凝縮壓力 P_2 에 있어서 飽和液이고 圖 5에 있어서는 A로 表示된다. 이의 엔탈피를 i_2' 로 한다. 受液器에서 膨脹밸브에 이르는 동안의 壓力低下를 Δp 로 하고 엔탈피의 減少를 Δi 라 하면 膨脹밸브 直前에 있는 冷媒는 壓力 $P = P_2 - \Delta P$, 엔탈피 $i = i_2' - \Delta i$ 에 依해서 定해지는 點 B로 表示된다. 只今 A에 있어서 飽和液線의 勾配 $\left(\frac{dp}{di'}\right)_A$ 를 n 로 表示하면 $\frac{dp}{di} < n$ 일 경우 圖 5(a)에 나타난 바와 같이 B點은 過冷却域內에 있고 膨脹밸브 直前에는 Flash蒸氣가 發生하고 있지 않다.

$\frac{dp}{di} > n$ 일 경우는 圖 5(b)에서 보는 바와 같이 B點은 飽和域內에 位置하게 되어 膨脹밸브 直前에서는 Flash蒸氣가 發生하고 있다. 위와 같이 膨脹밸브 直前에 있어서 Flash蒸氣發生의 要因은 壓力低下 Δp 와 엔탈피의 減少 Δi 이고 그리하여 飽和液線의 勾配 n 의 크기가 Flash蒸氣의 發生如否를 決定하는 重要한 要素이다.

Flash 蒸氣發生의 可能性

$\frac{dp}{di} > n$ 또는 $\frac{1}{n} \cdot \frac{dp}{di} > 1$ 인 때는 膨脹밸브 直前에 있어서 Flash 蒸氣가 發生되어 있는데 $\frac{1}{n} \cdot \frac{dp}{di}$ 가 1보다 클수록 圖 5에 있어서 B點은 飽和液線보다 오른쪽으로 떨어져 位置하게 되어 Flash蒸氣로 되어 있는 冷媒量의 比率은 크다. 또 $\frac{1}{n} \cdot \frac{dp}{di} < 1$ 에서는 Flash 蒸氣는 發生되지 않으나 이때는 $\frac{1}{n} \cdot \frac{dp}{di}$ 의 값이 1에 가까울수록 Flash 蒸氣發生에 가까운 狀態에 있으므로 Flash 蒸氣發生의 可能性이 크다고 한다. 그래서 $\frac{1}{n} \cdot \frac{dp}{di}$ 의 크기에 따라서 Flash 蒸氣發生의 可能性의 크기를 表示하게 된다.

○ 液管中の 壓力低下

冷媒의 壓力低下 Δp 는 液管의 垂直에 依한 壓力低下 Δp_h 와 液流에 對한 抵抗에 의한 壓力低下 Δp_f 와의 和, 卽 $\Delta p = \Delta p_h + \Delta p_f$ 로 表示된다. Δp_h 에 관해서는 r =冷媒의 比重量 kg/cm^3 , h =液管의 垂直高 m 라 하면 Δp_h kg/cm^2 는 다음 式으로 表現된다.

$$\Delta p_h = \frac{r h}{10,000}$$

Δp_f 에 관해서는 l =液管의 길이 m , d =液管의 直徑 m , μ =液管內 流速 m/s , f =抵抗係數라 하면 抵抗 Head h_f m 는

$$h_f = f \frac{l}{d} \cdot \frac{\mu^2}{2g} \dots\dots\dots(1) \text{로 表示되고}$$

Δp_f kg/cm^2 는 $\Delta p_f = \frac{r h_f}{10,000}$ 로 表示한다.

따라서 液管에 있어서 全壓力低下 Δp kg/cm^2 는

$$\Delta p = \Delta p_h + \Delta p_f = \frac{r}{10,000} (h + h_f) \dots\dots\dots(2)$$

○ 液管中에 있어 엔탈피의 減少

冷媒液의 엔탈피가 減少하는 것은 冷媒와 外氣間의 溫度差에 의해서 열을 빼앗기기 때문이다.

F =液管의 表面積 m^2 , K =液管의 熱通過率 $Kcal/m^2 h^\circ C$, Δm =冷媒液과 外氣間의 平均溫度差 $^\circ C$ 라 하면 冷媒液이 液管을 通하는 동안 빼앗긴 熱量 q $Kcal/h$ 는

$$q = K F \Delta m \dots\dots\dots(3)$$

G =冷媒液量 卽 冷媒循環量 kg/h 라 하면 熱量 q 를 빼앗기므로써 엔탈피의 減少量 Δi $Kcal/kg$ 는 $\Delta i = \frac{q}{G}$ 로 表示된다. 그리하여 R =冷凍機의 冷凍能力 $Kcal/h$, r =冷凍効果 $Kcal/kg$ 라 하면 G 는 $G = \frac{R}{r}$ 가 되므로 Δi 는

$$\Delta i = \frac{q}{R} \dots\dots\dots(4)$$

上式의 q 는 液管内를 通하는 동안에 冷媒가 正味로 잃은 熱量을 表示한 것이고 液管의 一部에 溫度가 높은 곳을 通過하는 部分이 있어 거기서의 冷媒는 外部에서 熱을 받아 들이는 경우에는 上式의 q 는 잃은 熱量에서 받아들인 熱量을 뺀 正味熱損失量을 表示한다. 따라서 이러한 경우에는 엔탈피의 減少量 Δi 는 그것만큼 작은 값이 된다.

○ 飽和液線의 勾配

冷媒의 壓力 P 와 飽和溫度 t_s 와의 關係는 圖 1에서 나타난 바와 같이 近似的으로 다음과 같은 式으로 表示할 수 있다.

$$P = ae^{\beta t_s} - b \dots \dots \dots (5)$$

여기에서 壓力 P 와 飽和溫度 t_s 와의 關係를 나타내는 曲線의 勾配 $\frac{dp}{dt_s}$ 는 $\frac{dp}{dt_s} = \beta(p+b)$ 가 된다.

C =冷媒液의 比熱이라 하면 溫度에 의한 飽和液 엔탈피의 變化는 $di' = cdt_s$ 로 나타나므로 이것과 上式에서

$$\frac{dp}{di'} = \frac{dp}{dt_s} \cdot \frac{dt_s}{di'} = \frac{\beta}{c}(p+b) \text{가 된다.}$$

故로 飽和液線의 勾配 n 는

$$h = \frac{\beta}{c}(p+b) \dots \dots \dots (6)$$

n 는 P 와 直線의 關係가 있고 壓力 P 가 높아지면 n 은 커지며 n 은 比熱 c 에 反比例한다.

○ 液管 配管狀況, 運轉溫度條件과 Flash 蒸氣發生 과의 關係

Flash蒸氣發生의 可能性의 大小을 나타내는 值 $\frac{1}{n}$.

$\frac{\Delta p}{\Delta i}$ 에 있어서 Δp , Δi 나 n 을 式 (2), 式 (4) 또는 (5)에 依해서 表示하면 다음과 같은 關係이 나타난다.

$$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i} = \frac{c}{\beta(p+b)} \cdot \frac{r(h+h_f)}{10,000} \cdot \frac{R}{q}$$

주어진 冷媒에 있어서 是 r , c , β 와 b 는 定數이다. 液管의 配管狀況에 關係서는 液管長 l 이 길면 h_f 도 커지며 따라서 Δp 의 增大의 比率는 적다. 이에 比하면 l 이 커짐에 따라 q 의 增大는 比較的 크며 Δi 를 增大시키므로 l 이 클수록 一般的으로 $\frac{\Delta p}{\Delta i}$ 는 減少한다.

液管의 配管狀況의 경우 $\frac{\Delta p}{\Delta i}$ 에 큰 影響을 주는 것은 垂直高 h 이고 特히 液의 比重量 r 이 큰 R-12에 있어서는 그 影響은 현저하다. 또 液管의 一部에 溫度가 높은 곳을 通過하는 部分이 있는데 거기서 冷媒가 받아들이는 熱量이 클 때에는 Δi 를 현저하게 減少시켜 $\frac{\Delta p}{\Delta i}$ 를 크게한다.

그리하여 Fash 蒸氣發生의 可能性이 增大하는 傾向은

암모니아와 같이 冷媒效果 r 이 적은 冷媒인 경우에는 현저하다.

運轉溫度條件에 關係서도 凝縮溫度가 낮을수록 n 이 적으므로 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i}$ 이 크고 또 蒸發溫度가 낮을수록 $\frac{R}{r}$ 이 커서 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i}$ 이 크니 Flash蒸氣發生의 可能性도 크게 된다.

4. Flash蒸氣發生 容易性에 關한 冷媒의 比較

同一한 液管의 配管狀況이나 冷凍能力에 있어서 冷媒 種類에 依한 Flash蒸氣의 發生容易性을 比較하기로 한다.

前述한 바와 같이 膨脹밸브 直前に 있어서 Flash蒸氣 發生의 可能性의 大小는 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i}$ 의 크기에 依해서 比較했는데 Δp 나 Δi 를 式 (2)나 式 (4)에 의해서 나타내면

$$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i} = \frac{r}{nr} \cdot \frac{(h+h_f)}{10,000} \cdot \frac{R}{q}$$

液管의 垂直高 h 는 冷媒種類와는 無關하다. 또 h_f 에 關係서는 式 (1)에 있어서 係數 f 의 값은 冷媒種類에 依해서 거이 變치 않고 그래서 同一한 冷媒能力 R 에 對해서는 液管의 直徑 d 나 液의 流速 u 는 冷媒의 種類에 따라서 若干 값이 다르게 定해지지만 如何튼간에 抵抗 Head h_f 를 適當한 작은 값으로 定해야 하므로 h_f 值에는 冷媒에 따라서 큰 相違는 없다. 그래서 一般的으로 h_f 는 h 에 比해서 적으므로 $h+h_f$ 의 크기는 冷媒種類에 依한 相違比率는 적은 것이다.

또 冷媒가 液管内를 通過하는 동안에 잃은 熱量 q 에 關係서는 式 (3)의 k 值는 冷媒種類에 따라서는 變하지 않으며 同一한 溫度條件에서도 Δm 에도 變化가 없다. 液管의 表面積 F 에 關係서는 冷媒種類에 따라서 管徑 d 는 多少 다른데 同一管長에 있어서는 F 의 크기도 冷媒種類에 따라서 큰 相違는 없다.

結局 同一한 冷凍能力 R 에 있어서는 $(h+h_f)\frac{R}{q}$ 의 크기는 冷媒種類에 따라서 큰 차이는 없다.

이에 對해서 冷媒液의 比重量 r , 冷凍效果 r 나 飽和 液線의 勾配 n 值는 冷媒種類에 따라 뚜렷한 차이가 있으며 또는 현저하게 다르다. 그러므로 冷媒種類에 依한 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta i}$ 의 變化는 $\frac{1}{n} \cdot r$ 值의 變化에 依한다고 해도 좋다. 따라서 冷媒種類에 依한 Flash 蒸氣發生의 可能性의 大小는 이것을 $\frac{1}{n} \cdot r$ 值의 크기에 依해서 比較할 수 있다.

○ 冷媒液의 比重量

例컨대 암모니아 R-12, R-22의 液의 比重量 r 值는 表 1과 같고 r 值는 溫度에 따라서 조금 變化하는데 어

면 溫度에 있어서도 冷媒種類에 대한 比較値는 거이 一定하며 암모니아에 比하면 R-12液의 比重量은 約 2.17 倍, R-22液의 比重量은 約 1.18倍이다.

表 1. 포화액의 비중량

溫 度	比重量 γ kg/m ³			γ 의 比較値		
	20°C	30°C	40°C	20°C	30°C	40°C
암모니아	610	596	580	1	1	1
R-12	1329	1293	1255	2.17	2.17	2.17
R-22	1213	1176	1132	1.99	1.98	1.96

○ 冷凍效果

i_1 =蒸發器를 나오는 冷媒의 엔탈피

i =膨脹辯直前に 있어서 冷媒의 엔탈피라 하면

冷凍效果는 $r=i_1-i$ 로 表示된다.

膨脹辯直前に 있어서 엔탈피 i 는 圖 5에 나타난 바에 따라서 $i=i_2'-\Delta i$ 이므로 r 는

$$r=i_1-(i_2'-\Delta i)\dots\dots\dots(7) \text{로 된다.}$$

그리하여 式 (4)에서 $\Delta i=\frac{q}{R}$ 이므로 이 關係를 利用하여 r 은

$$r=\frac{i_1-i_2'}{1-\frac{q}{R}}\dots\dots\dots(8) \text{로 된다.}$$

即 冷凍效果 r 는 溫度條件 뿐 아니라 $\frac{q}{R}$ 의 크기에 關係되어 다른 値로 되는데 이것은 冷媒種類的 相違에는 無關하다. 例를 들어 凝縮溫度 30°C, 蒸發器를 나오는 冷媒는 乾燥飽和蒸氣이고 $\frac{q}{R}=0.02$ 인 경우 冷凍效果 r 을 求하고 冷媒種類에 따라 그 比較値를 求하면 表 2와 같다.

表 2. 冷 凍 效 果

(凝縮溫度 30°C, 蒸發器를 나오는 冷媒는 乾燥飽和蒸氣 $\frac{q}{R}=0.02$)

蒸發溫度	冷凍效果 r kcal/kg			r 의 比較値		
	-10°C	-20°C	-30°C	-10°C	-20°C	-30°C
암모니아	270.5	267.2	264.0	1	1	1
R-12	29.52	28.35	27.15	0.109	0.106	0.103
R-22	39.85		37.60	0.148	0.145	0.142

即 冷凍效果 r 의 크기 比較値는 蒸發溫度에 따라서 거이 變하여 R-12는 암모니아의 約 $\frac{1}{10}$ 이고 R-22는 그의 約 $\frac{1}{7}$ 이다.

그래서 다른 溫度條件에서도 r 의 比較値는 大體的으

로 上表와 同一하다.

○ 飽和液線의 勾配

前述한 바와 같이 飽和液線의 勾配 n 은 壓力과 飽和溫度와의 關係를 나타내고 $p-t_s$ 曲線 勾配 m 와 液의 比熱 c 에 依해 定해진다.

冷媒表에 나타난 壓力 p 와 i 에 對한 飽和溫度 t_s 와 의 關係에서 $t_s=20\sim 40^\circ\text{C}$ 範圍의 $p-t_s$ 曲線의 式 (5)에 適合한 定數 β 나 b 를 定한다. 여기서 例를 들면 凝縮溫度 30°C에 있어서 飽和液線의 勾配 n 을 求하면 表 3과 같이 算定되며 冷媒種類에 依한 n 의 比較値는 下表와 같다.

表 3. 飽和液線의 勾配(溫度 30°C)

冷 媒	$p-t_s$ 曲線의 勾配 m	液의 比熱 ckcal/kg°C	飽和液線의 勾配 n	n 의 比較値
암모니아	0.35	1.15	0.305	1
R-12	0.195	0.24	0.82	2.7
R-22	0.32	0.335	0.955	3.1

n 의 값은 凝縮溫度 即 液管에 들어가는 冷媒液의 溫度에 따라서 다른데 同一溫度에 있어서 그 冷媒種類에 依한 比較値는 表示한 값과 큰 差가 없으며 어떤 溫度에 있어서도 n 值는 암모니아에 比하면 R-12는 2.6~2.7倍, R-22는 3.05~3.2倍이다.

前述한 바와 같이 普通 參考書에는 $p-t_s$ 曲線 勾配 m 의 값이 작은 冷媒는 flash 蒸氣가 發生하기 쉽다고 說明했는데 液管에 있어서 冷媒液의 狀態變化를 물리어線 圖上에서 考慮하면 flash 蒸氣의 發生에 關係하는 것은 壓力과 飽和溫度와의 關係를 나타내는 $p-t_s$ 曲線의 勾配 m 이 아니고 飽和液線의 勾配 n 이란 것을 쉽게 理解할 수 있게 된다. $p-t_s$ 曲線의 勾配 m 의 값은 表 3에 記述한 바와 같고 R-12의 m 值는 암모니아보다 뚜렷이 작으며 飽和液線의 勾配 n 은 R-12가 암모니아보다 크다. 이것은 液의 比熱 c 의 값이 R-12는 암모니아의 約 $\frac{1}{5}$ 이나 작은 것이기 때문이다.

○ 冷媒種類에 依한 $\frac{1}{n} \cdot \frac{r}{r}$ 值의 比較

冷媒種類에 따라서 flash 蒸氣發生 容易性은 $\frac{1}{n} \cdot \frac{r}{r}$ 의 크기에 依해 比較할 수 있는데 例를 들면 凝縮溫度 30°C, 蒸發溫 -20°C, 蒸發器를 나오는 冷媒는 乾燥飽和蒸氣로서 $\frac{q}{R}=0.02$ 이라 할 때 $\frac{1}{n} \cdot \frac{r}{r}$ 值를 算出하여 그 冷媒種類에 따라서 比較値를 求하면 表 4와 같다.

前記한 바와 같이 冷媒種類에 따른 r, r 이나 n 의 比

表 4. flash蒸氣發生의 容易性 比較

(凝縮溫度 30°C, 蒸發溫度 -20°C, 蒸發器를 나오는
冷媒는 乾燥飽和蒸氣 $\frac{q}{R}=0.02$)

冷 媒	γ	r	n	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 比較值
암모니아	595	267	0.305	7.3	1
R-12	1290	28.4	0.82	55.5	7.6
R-22	1180	39.8	0.955	32	4.4

較値는 溫度條件에 依해서는 거이 變化가 없으므로 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 比較値는 溫度條件에 따라서 거이 變한다. 어떠한 溫度條件에 있어서도 表 4와 같이 大體로 同一하다. 即 암모니아에 比하면 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 値는 R-12가 約 7.5倍, R-22는 約 4.5倍이다. 이것은 R-12가 암모니아보다 flash蒸氣가 發生하기 쉽고 또 R-12는 R-22에 比해 flash蒸氣發生의 可能性이 현저히 큰 것을 나타내는 것이다.

○ $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 크기에 對해서 支配的인 要因

冷媒種類에 따른 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 比較値는 表 4와 같고 그 中 $\frac{\gamma}{n}$ 에 대한 比較値를 끄내어 보면 表 5와 같다.

flash 蒸氣가 가장 發生하기 쉬운 R-12와 그 發生이 적은 암모니아를 比較하면 $\frac{\gamma}{n}$ 値는 큰 差가 없고 R-12에 있어서 $\frac{\gamma}{n}$ 値는 암모니아보다 적은 約 0.8倍이다. 그러므로 r 와 n 의 關係에서 보면 암모니아의 경우가 R-12보다 flash 蒸氣를 發生하기 쉬운나 冷凍效果 r 에 對해서는 R-12는 암모니아보다 적은 $\frac{1}{10}$ 의 크기이다. 이렇기 때문에 R-12의 $\frac{\gamma}{n}$ 는 암모니아 보다 적으나 $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 는 암모니아의 約 7.5倍이고 암모니아보다는 flash 蒸氣가 發生하기 쉬운 것이다.

또한 R-22와 암모니아를 比較하면 冷凍效果 r 이 적은 것은 flash 蒸氣發生에 對해서 가장 有力한 要因이라 할 수 있다.

表 5. $\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 比較値의 內譯(條件은 表 4에 있어서와 같다)

冷 媒	$\frac{\gamma}{h}$	$\frac{\gamma}{n}$ 의 比較值	r	r 의 比較值	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma}{r}$ 의 比較值
암 모 니 아	1950	1	267	1	1
R-12	1570	0.81	28.4	0.106	7.6
R-22	1235	0.64	38.8	0.145	4.4

即 冷凍效果 r 이 작은 冷媒는 同一한 冷凍能力 R 에 對해서 冷媒循環量 G 는 r 에 反比例하여 크므로 液管에 있어서 엔탈피의 減少量 di 가 현저하게 작아지므로 flash 蒸氣發生의 可能性이 커지는 것이다.

○ 冷媒種類에 依한 冷凍效果의 相違

冷凍效果 r 은 式 (7)과 같이 표시되지만 0°C의 液을 엔탈피算定의 基準狀態로 잡아 그 엔탈피를 0으로 하면 凝縮溫度 t_2 에 있어서 飽和液엔탈피 i_2' 는 $i_2'=ct_2$ 가 된다.

또 t_1 =蒸發溫度, L =溫度 t_1 에 있어서 冷媒의 蒸發熱 이라 하고 說明을 簡單히 하기 爲해서 蒸發器를 나오는 冷媒는 乾燥飽和蒸氣狀態라 하면 式 (8)에 있어서 i_1 은 $i_1=ct_1+L$ 이 된다. 따라서 冷凍效果 r 은 다음과 같이 表示된다.

$$r = \frac{L - c(t_2 - t_1)}{1 - \frac{q}{R}}$$

여기서 冷凍效果 r 의 크기는 主로 冷媒의 蒸發熱 L 의 크기에 따라서 定해진다. 여기에서 蒸發熱 L 値가 작은 冷媒는 flash 蒸氣가 發生하기 쉽고 蒸發熱 L 値는 R-12가 가장 작은 암모니아의 約 1/8이다.

또 R-22에 比하면 約 3/4의 크기이다. flash 蒸氣는 R-12가 가장 發生하기 쉽고 그 다음이 R-22이며 암모니아는 거이 發生하지 않는다는 것은 蒸發熱 L 의 크기 比較値에서 잘 나타나고 있다.

5. 要 約

○ 膨脹밸브 直前의 液管에 있어서 flash 蒸氣發生의 要因

$n = \frac{dp}{di}$ =飽和液線의 勾配로 하고

液管內를 通하는 冷媒液에 對해서 dp =壓力低下 di =Enthalpy의 減少라 하면

$\frac{dp}{di} > n$ 일 경우에는 膨脹밸브 直前에 있어서 flash 蒸氣가 發生되고 있다.

○ 주어진 冷媒의 液配管狀況과 flash 蒸氣發生과 의 關係

液管의 垂直高가 클 경우 또는 液의 흐름에 對한 低抗이 클 경우에는 Δp 가 큰 것 때문에 flash 蒸氣가 發生하기 쉽고 또 液管이 溫度가 높은 곳을 통과할 때 配管狀況에서는 Δi 가 작기 때문에 flash 蒸氣發生의 可能性이 크다.

- 주어진 液配管에 있어서 冷媒種類와 flash 蒸氣 發生과의 關係
- n =飽和液線의 勾配 r =冷媒液의 比重量

r =冷媒에 의한 冷凍效果라 하면 flash 蒸氣發生의 可能性의 大小는 $\frac{1}{n} \cdot \frac{r}{r}$ 에 의해 比較할 수 있고 $\frac{1}{n} \cdot$

$\frac{r}{r}$ 가 큰 冷媒일수록 flash 蒸氣를 發生하기 쉽다.

冷凍效果 r 은 주로 冷媒의 蒸發熱 L 에 依해서 그 크기가 定해지므로 液의 比重量 r 가 큰 冷媒일수록 또 蒸發熱 L 이나 飽和液線 勾配 n 에 對해서는 이것이 작은 冷媒일수록 flash 蒸氣가 發生하기 쉽다.

技術提携先：日本株式會社 神港電機計器製作所

<營業品目>

- 工業用 溫度計
- 工業用 壓力計
- 一般 溫度計
- 全電子式：
- 小型溫度調節計
- 小型無指示溫度調節計
- 데지탈指示溫度調節計
- 自動平衡型多點溫度記錄計
- 自動平衡型多點溫度指示計
- 프로그램식自動溫度調節計

自動制御裝置

工業計測器

三寶電子計器工業株式會社

代表理事 白 喜 哲

本社・工場：서울特別市永登浦區登村洞298
TEL. 63-1020~1022

營業所：서울特別市中區笠井洞 263-3
TEL. 27-2596 (電氣會館 옆)
27-2829