

## 二重効用 吸收冷凍機의 運轉管理 (I)

金 榮 大\*

### 第一章 概 況

吸收冷凍機의 理論은 佛人 NAIM에 依해 發表되어 그 後 2,3種의 것이 實用化 되었으나 近年 美國에서 開發한 水 리치움프로마이드 方式으로 그 利點이 크르즈엿 되어 飛躍의으로 需要가 增加 되고 있다.

吸收冷凍機(高壓再生器付)는 물을 冷媒 리치움프로마이드 溶液을 吸收劑로 하여 蒸氣를 에너지源으로 한 冷凍機를 말한다. 構造는 上下의 圓筒셀로 되어 高壓再生器는 別個로 하고 上部셀은 低壓再生器 凝縮器 下部셀은 吸收器, 蒸發器를 內藏하고 溶液펌프 冷媒펌프 抽氣(眞空) 펌프 二個의 熱交換器 配管과 制御係統으로 形成되어 있다.

#### 1. 主要機器의 機能

##### 1.1 蒸發器

蒸發器 튜브의 外表面에는 冷媒펌프의 依하여 吸上한 冷媒(水)가 散布되어 管內를 흐르는 冷水(빌딩에 冷房이나 工場의 프로세스에 쓰이는)에서 氣化潛熱을 뺏어 蒸發氣化한다. 이때 蒸發器를 內藏한 下部 胴體內의 壓力은 約 6 mm Hg의 絕對壓力下에 있어서 冷媒(水)는 約 4°C에서 沸騰하여 冷水는 6°C 程度까지 冷却된다.

##### 1.2 吸收器

吸收器 튜브의 外表面에는 溶液펌프로 부터 吸上된 濃溶液이 散布되어 그 溶液에 蒸發器에서의 冷媒蒸氣가 連續의으로 吸收되므로 蒸發器에서는 冷媒의 蒸發이 連續的으로 일어난다, 리치움프로마이드 溶液은 蒸氣를 吸收하여 希釋되고 이때 發生熱(吸收熱)은 吸收器 튜브內를 흐르는 冷却水(冷却水 또는 기타 水源의 물)에 依

하여 外部에 除去된다.

##### 1.3 溶液熱交換器

吸收器의 下部에서 希釋된 溶液은 溶液펌프에 依하여 吸上되어 低溫熱交換器 또는 高溫熱交換器를 通過하여 高壓再生器로 보내진다. 이때 低溫熱交換器內에는 低壓再生器에서 보내진 高溫의 濃溶液 高溫熱交換器는 高壓再生器에서 보내진 高溫의 中間 濃溶液에 依하여 加熱된다.

##### 1.4 高壓再生器

冷媒蒸氣를 吸收하여 希釋된 溶液은 再生器 튜브의 外表面에 흐르게 하고 튜브內에 흐르는 蒸氣에 依하여 加熱되며 溶液中에 冷媒(水)의 一部를 蒸發 氣化하여 溶液은 濃縮된다.

##### 1.5 低壓再生器

高壓再生器에서 加熱濃縮된 溶液은 重力과 壓力差로 高溫熱交換器를 通過하여 低壓再生器에 들어가 高壓再生器에서 發生한 冷媒蒸氣에 의하여 濃縮된다.

低壓再生器에서 나온 濃溶液은 低溫熱交換器를 通過하여 溶液펌프 出口의 에젝타에 依하여 稀溶液과 混合하여 吸收器內 튜브의 上部에 散布된다.

##### 1.6 凝縮器

低壓再生器에서 蒸氣化된 冷媒(水)와 低壓再生器 튜브內에서 드레인된 冷媒는 凝縮器 튜브內를 흐르는 冷却水에 依하여 凝縮液화된 後 重力과 差壓에 依하여 接續管을 通하여 蒸發器上部에서 蒸發器 튜브의 外表面에 散布된다.

##### 1.7 펌 프

###### 1.7.1 溶液펌프

稀溶液을 吸收器로부터 溶液熱交換器를 經由하여 高壓再生器로 보냄과 同時에 에젝타에서 濃溶液과 混合하여 吸收器에 混合溶液을 보낸다

\* 正會員, 상공회의소 전설본부

1.7.2 冷媒펌프

冷媒를 蒸發器에 噴霧하기 위하여 冷媒箱子에서 噴霧主管으로 보낸다.

1.7.3 抽氣펌프(眞空펌프)

蒸發器와 吸收器에 들어있는 空氣와 不凝縮가스를 抽氣한다.

1.8 모터 冷却用 熱交換器

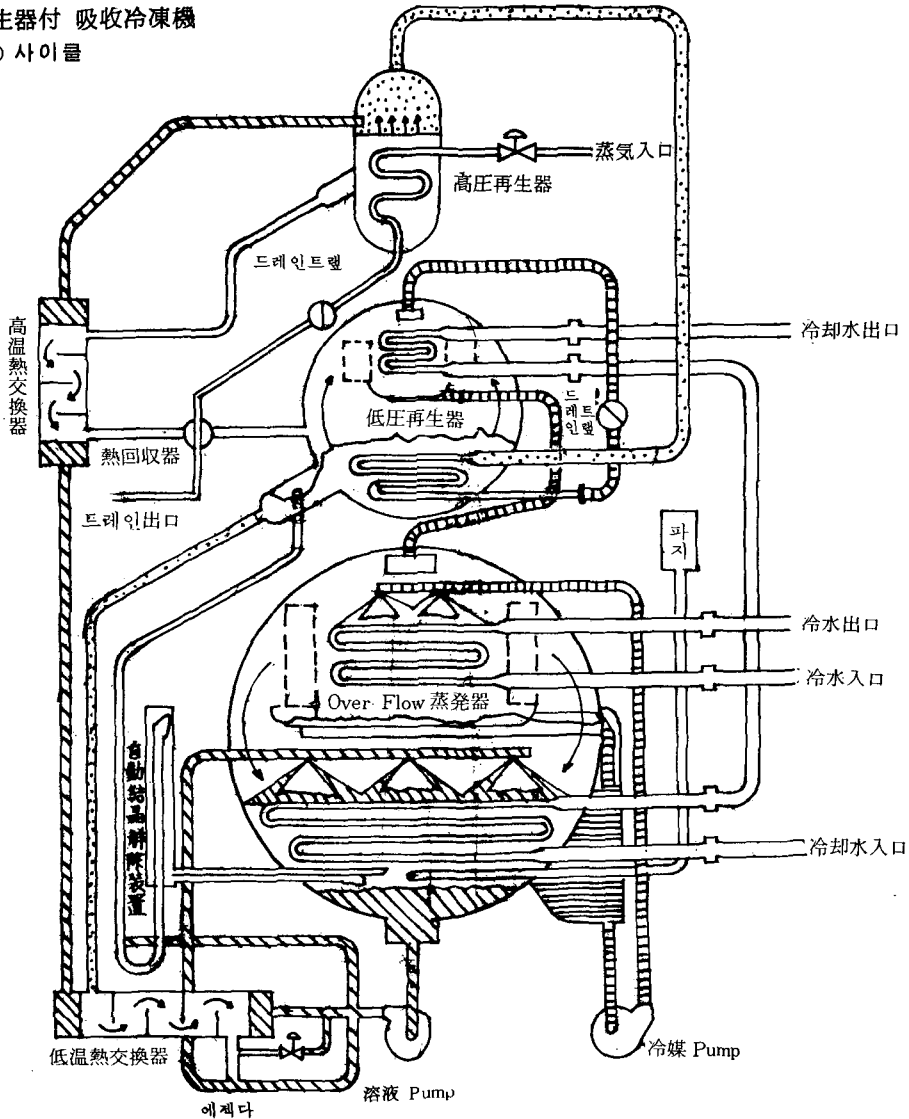
吸收器와 冷媒펌프를 驅動하는 모터의 冷却水を 冷却 시킨다.

1.9 保安裝置

冷凍機 各部分을 保護하고 異狀運轉에 依하여 機器의 故障, 破損 등을 未然에 防止한다.

高壓再生器付 吸收冷凍機

○ 사이클



濃溶液	混合溶液	冷媒蒸氣
中溶液	蒸氣, 드레인	冷水
稀溶液	冷媒(水)	冷却水

[그림 1] 吸收冷凍機의 사이클

1.10 自動冷水溫度調節裝置

能力에 따라 變化하는 高壓再生器 出口溫度를 檢出하여 自動的으로 稀溶液 流量을 調節하여 蒸氣 消費率을 좋게 한다.

1.12 操作盤

冷凍機의 起動 停止의 操作과 異狀에 依한 自動停止와 運轉狀態를 表示한다.

2. 冷凍사이클

吸收器와 蒸發器를 內藏하는 下部셀은 6.7 mm Hg abs 의 高眞空을 維持하므로 冷媒(水)는 그 壓力에 對應하는 範和溫度로 沸騰하여 蒸發器 튜브內를 흐르는 冷水에서 熱을 뺏어 蒸發한다. 이 熱交換을 좋게 하기 위하여 冷媒펌프는 蒸發器 튜브 上部에 特殊 노즐에 依하여 噴霧된다.

吸收器內의 리치움프로마이드 濃溶液은 여기에서 蒸發된 冷媒(水蒸氣)를 吸收稀釋하여 58%의 濃도가 된다. 이때 發生되는 吸收熱은 冷却水에 依하여 除去된다. 吸收器에서 冷媒를 吸收하여 濃도가 낮아진 溶液은 溶液펌프로 高壓再生器에 運搬되어 高壓再生器의 튜브內를 흐르는 蒸氣에 依하여 加熱되고 沸騰하며 水分을 蒸發하고 低壓再生器에 들어간 溶液을 加熱 凝縮하여 드레인트랩을 통하여 凝縮器에 들어간다. 또 低壓再生器에서 蒸發된 水分은 凝縮器 튜브內를 흐르는 冷却水에 依하여 冷却 凝縮되어 純水(冷媒)가 된다.

上部셀은 59.2 mm Hg abs 의 高眞空이므로 下部셀과의 壓力差와 重力으로 凝縮된 冷媒는 蒸發器에 들어가 噴霧된다. 한편 加熱凝縮된 溶液은 高温熱交換器를 經由하여 低壓再生器에 들어가 再凝縮되어 低溫熱交換器를 經由 에젝터에 依하여 稀溶液과 混合되고 吸收器에 噴霧하여 冷媒蒸氣를 吸水하고 물과 리치움프로마이드 溶液의 사이클을 完了한다.

高壓再生器에 튜브內에 들어간 蒸氣는 高壓再生器內의 稀溶液을 凝縮하여 드레인 된다. 드레인트랩, 熱回收器를 통하여 低溫이 되고 Hot

Well Tank 에 떨어진다.

[그림 1]에서는 二重効用吸收冷凍機의 사이클을 나타내고 있다.

3. 리치움프로마이드의 諸性質

3.1 一般의 性質

리치움프로마이드가 알카리 및 하로켄族의 元素인 點에서 想像할 수 있드시 리치움프로마이드의 一般의인 化學的 性質은 大體로 食鹽과 類似한 安定된 物質이다. 大氣中에서 變質되는 일 없이 分解나 揮發도 全然 되지 않는다.

無水物의 主要 性質은 第1表와 같다.

第1表 리치움프로마이드의 性質

化學式	Li Br
分子量	86, 856
成分	Li 7.99 % Br 92.01 %
外觀	無色結晶粒
比重	3.464 (25 °C에서)

리치움프로마이드는 無水物과 水溶液外에 結晶水를 가진 水和物을 生成한다.

無水物 水和結晶 水溶液을 通하여 리치움프로마이드의 큰 特徵은 吸收性을 가지고 있다는 點이다.

3.2 溶解度

리치움프로마이드의 물에 對한 溶解度는 大端히 크므로 常溫에 있어서 飽和溶液의 濃度는 約 53%이다.

水溶液에서 물이 蒸發하거나 溫度變化가 있으면[그림 2]에 表示한 바와 같이 그때 液溫과 濃度에 依하여 1,2,3. 또는 5 水鹽이 析出되므로 取扱溶液의 濃度範圍에 充分한 注意가 必要하다

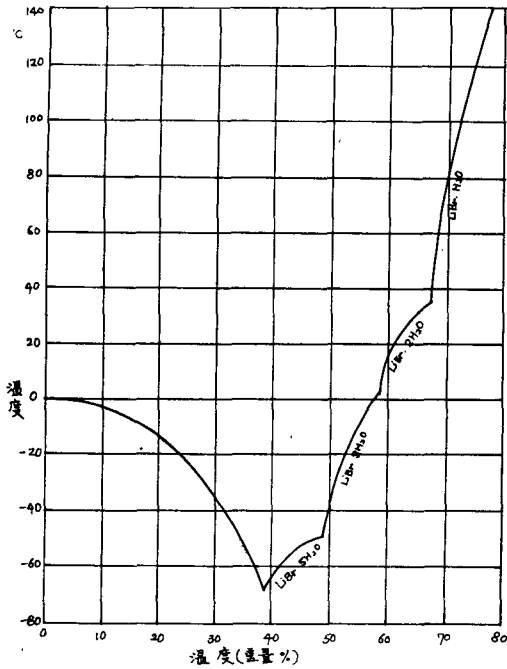
3.3 比重

프로마이드를 含有하므로 無水物 水溶液이 比較的 크고 [그림 3]에 表示된 바와 같다.

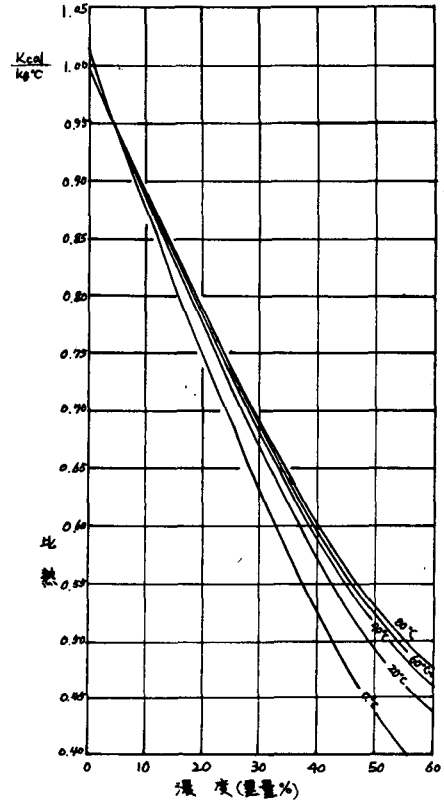
3.4 比熱

吸收劑의 比熱이 적은 것은 吸收冷凍機의 熱効率을 높이는데 重要한 일이지만 [그림 4]에

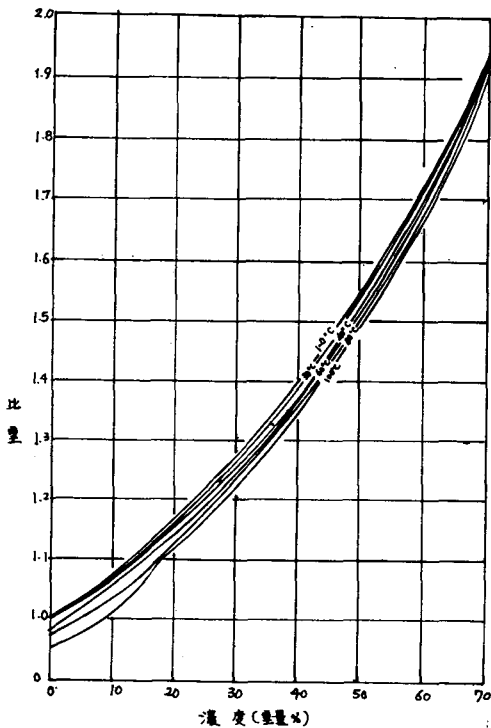
〔그림 2〕 리치움프로마이드 溶液平衡狀態圖



〔그림 4〕 리치움프로마이드 溶液比重曲線



〔그림 3〕 리치움프로마이드 溶液比重曲線



表示된 바와 같이 使用狀態에서는 적고 물의 蒸氣潛熱이 크기 때문에 물, 리치움프로마이드를 使用한 吸收冷凍機는 높은 効率이 期待된다.

3.5 水蒸氣壓

吸收冷凍機의 吸收劑로서 리치움프로마이드가 使用되는 第1要因은 水溶液이 나타내는 水蒸氣分壓이 大端히 적은 것. 卽 吸濕性이 大端히 좋기 때문이다.

〔그림 6〕에 表示된 바와 같이 高濃度가 되면 水蒸氣 分壓은 大端히 적게 된다.

3.6 P.H

純粹한 리치움프로마이드 水溶液은 中性이므로 腐蝕을 考慮하여 알카리性으로 調整한다.

3.7 腐蝕性

리치움프로마이드 水溶液의 金屬에 對한 腐蝕性은 食鹽水 鹽化칼슘브라인 等보다 적은 것으로 機器設計上 重要한 問題이므로 알카리성 이

외에 特殊 腐蝕抑制劑가 添加 되어있다.

### 3.8 毒 性

人體에 對한 影響은 먹었을때 鎮性作用을 일으킬 程度이며 毒性은 없다. 皮膚를 多少 刺戟하므로 몸에 묻지않게 하고 눈에 들어가지 않도록 하며 먹지 않아야 한다.

## 第二章 構造와 機能

### 4. 蒸 發 器

Horizontal Shell Under Tube 形으로 Shell 은 吸收器와 共通으로 蒸發器內에 特殊 튜브 받침접시 엘레메네타 Spray Baffle Plate 噴霧 노즐 등을 內藏하여 冷媒와 冷水와의 熱交換이 有効하게 行해 지도록 設計되어 있고 內部的 全負荷狀態(過濃度)를 感知하기 爲한 Over Flow 曲管을 側板面에 매놓았다. 또 冷媒量을 볼수 있는 可視窓이 設置되어 있다.

### 5. 吸 收 器

Horizontal Shell Under Tube 形으로 Shell 은 蒸發器와 共通으로 리치움프로마이드에 의한 腐蝕을 充分히 考慮한 構造이다. 또 Shell 內部를 볼 수 있는 可視窓이 設置되어 있다.

### 6. 再 生 器

#### 6.1 高壓再生器

Horizontal Shell Under Tube 形으로 튜브는 큐프로닉켈(Cu-Ni)의 Lowfin Tube 를 사용하고 蒸氣와 溶液과의 熱交換이 有効하도록 되어 있다.

#### 6.2 低壓再生器

Horizontal Shell Under Tube 形으로 Shell 은 凝縮器와 共通으로 튜브는 큐프로닉켈製의 Lowfin Tube 를 사용하고 蒸氣와 溶液과의 熱交換이 有効하도록 되어 있다. 溶液이 差壓과 重力으로 吸收器內로 흐르도록 特殊構造의 Over Flow 箱子가 設置되어 있다.

### 7. 凝 縮 器

Horizontal Shell Under Tube 形으로 Shell 은 低壓再生器와 共通이다. 凝縮冷媒인 純水는 差壓에 依해 壓力損失이 작은 管路를 通하여 直接 蒸發器內로 흐르는 構造이다.

凝縮器와 蒸發器의 差壓을 維持하기 위한 Orifice 가 管路中에 設置되어 있다.

또 冷媒量을 보도록 可視窓을 設置하고 있다.

### 8. 溶 液 熱 交 換 器

稀溶液과 濃溶液을 熱交換하여 Cycle 効率을 높이는 것으로서 튜브는 鋼管, Shell 은 炭素鋼管을 使用한 吸收器, 蒸發器 Shell 下部에 設置되어 있다. 熱交換器 本體에는 液을 充填하거나 排液 Sampling 할 때 使用되는 다이아프램 밸브(Serrice Valve)를 取付하였다.

### 9. 펌 프

#### 9.1 溶液과 冷媒펌프

本 裝置에 使用되는 모터와 同體케이싱에 들어 있고 全 密閉 構造로 運轉中 漏洩의 念慮가 全然없다.

#### 9.2 抽氣펌프(眞空펌프)

本 裝置에 使用하는 펌프는 Gas Blast 形으로 多少의 濕氣의 吸收에 對하여 充分히 견딜 수 있다.

### 10. 모터 冷却用 熱交換器

모터 冷却水의 熱交換을 有効하도록 하여 모터의 過熱을 防止할 수 있으며 本體 外部에 電磁辨과 冷媒注入用 다이아프램 밸브를 取付하고 있어 冷媒의 補充과 漏洩에 對하여 充分히 留意한 構造로 되어 있다.

### 11. 保 安 裝 置

安全運轉과 機械保護를 爲하여 運轉을 繼續하는 것이 좋지 않은 狀態가 일어나면 蒸氣辨과 펌프모터를 自動적으로 停止하고 또 一時的으로

結晶이 일어나기 始作하면 構造的으로 解除하고 事故를 未然에 防止할 수 있는 裝置이다.

11.1 自動結晶解除裝置

萬若 濃溶液側에 結晶이 생겨도 Over Flow 箱子에서 濃溶液을 直接 吸收器로 보내고 吸收器內의 溫度를 올리므로서 結晶을 解除한다.

11.2 冷媒低溫스위치

冷媒가 低溫이 되는 原因은

- (1) 低負荷時에 蒸氣辨이 規定以上 열렸을 때
- (2) 吸收器의 冷却水 入口溫度가 낮을 때
- (3) 蒸發器의 負荷가 낮을 때 等이다.

冷媒는 低溫이 되면 凍結될 염려가 있으므로 이것을 防止하는 것이다.

標準 設定値는 ON 3°C, OFF 2°C이다.

OFF 가 되면 蒸氣辨이 닫히고 溶液펌프는 停止한다.

11.3 冷水 差壓壓力 스위치

冷水量이 急激히 줄어들면 溫度가 내려가서 凍結할 염려가 있으므로 冷水量이 어느 一定量이 되면 冷凍機 全體를 停止시킨다.

設定點은 規定된 冷水量에 依하여 定해진다.

11.4 冷却水 差壓壓力 스위치

冷却水量이 적어지면 冷凍機의 能力이 떨어지거나 結晶의 原因이 된다. 어느 一定流量以下가 되면 冷凍機 全體를 停止시킨다. 設定點은 規定된 冷却水量에 依해 定해진다.

11.5 Motor Gland Float Switch

모터를 冷却할 冷媒量이 不足하면 모터가 過熱하여 燒損하므로 冷凍機 全體를 停止시킨다.

11.6 모터 溫度스위치

모터가 아래와 같은 理由로 過熱되면 燒損되므로 모터를 停止시킬 릴레이로서 溫度 스위치를 使用하고 있다. 1 Th 가 動作되면 冷媒펌프가 停止하고 蒸氣辨이 닫힌다. 2 Th 가 動作하면 溶液펌프 冷媒펌프는 停止하고 蒸氣辨이 닫힌다. 3 Th 가 動作하면 蒸氣辨이 닫힌다. 4 Th 가 動作하면 蒸氣辨이 닫힌다. 모터가 過熱되는 原因은 아래와 같다.

- (1) 모터 冷却水 不足
- (2) 모터 過負荷

(3) 모터 回轉部의 異常

(4) 缺相 運轉

11.7 모터 過電流

過電流에 依한 모터의 燒損을 防止하는 것으로서 過電流 릴레이는 熱動形을 使用하고 있다. 溶液 또는 冷媒펌프가 停止하면 蒸氣밸브가 닫힌다.

保安裝置에서 冷凍機 全體의 停止信號가 나더라도 停電 Motor Gland Float Switch 溶液 모터 過熱 또는 過電流停止 以外는 溶液펌프 系統을(結晶에 對하여) 安全하도록 Timer가 들어 있으므로 信號와 同時에 溶液펌프는 停止하지 않고 稀釋 運轉後 停止한다.

12. 自動溫水 溫度調節裝置

蒸氣辨에 依한 容量制御는 廣範圍하게 安定된 運轉이 되는 것으로 冷水溫度指示調節計와 蒸氣調節辨과의 組合에 依하여 蒸氣調節辨의 開度を 自動的으로 調節하여 冷水出口 溫度를 一定하게 維持하므로서 冷房負荷에 적응하여 冷凍機의 能力을 調整하여 自動運轉을 하게 된다.

이 動作原理는 冷水感溫部의 指示에 依하여 冷水 溫度調節計가 作用하여 信號空氣壓의 增減을 하므로 蒸氣調整辨의 開度を 調整하여 冷水出口 溫度를 一定하게 維持되도록 되어 있다.

13. 自動溶液溫度調節裝置

部分負荷時에 蒸氣消費率을 좋게 하기위한 溶液調整辨이 設置되어 있어서 高壓再生器 溶液溫度를 檢出하여 溶液循環量의 制御를 한다.

14. 操作 盤

盤面에는 起動用 Push Botton, 停止用 Push Botton, 抽氣 펌프용 切換스위치, 씨비스용 切換스위치, 各種 運轉表示灯, 各種 警報表示灯 등이 取付되었고 盤內에는 蒸氣辨開度制限器, 溶液調節計, 各種 릴레이, 電磁接觸器, 壓力스위치 등이 들어 있다.

本盤에서 冷凍機 全體의 運轉 操作 監視가

된다.

### 第三章 設置後의 檢査

吸收冷凍機의 氣密은 가장 重要한 일이다.

따라서 工場에서 各種 嚴密한 試驗을 實施하고 있다.

輸送 搬入後의 狀態變化를 確認하기 爲하여 設置後 眞空試驗을 實施한다. 이 試驗은 冷媒와 溶液의 充填前이나 後에 保守의 必要가 있을 때 行한다.

#### 15. 眞空試驗法

##### 15.1 抽氣管系漏洩試驗法

(1) 抽氣펌프 가스出口에 고무호스를 그림프로 連結하고, 抽氣펌프油로 滿液된 容器에 호스의 끝을 油面에서 最大 6 mm 길이로 넣는다.

(2) 抽氣用 手動辨과 抽氣펌프의 Gas Blast Valve가 닫혀 있는 것을 確認 抽氣펌프를 約 10分間 運轉한다.

(3) 氣泡가 1分間 2滴以下이면 抽氣管系의 漏洩이 없는 것으로 判斷한다.

(4) 다시 抽氣主辨을 닫고 Gas Blast Valve를 연 狀態에서 3 mmHg abs 以下로 내려가지 않으면 抽氣펌프의 漏洩이라 생각된다.

##### 15.2 裝置試驗法

##### 15.2.1 漏洩없는 冷凍機

(1) 抽氣管系 漏洩試驗實施後 抽氣用 手動辨을 열고 Gas Blast Valve를 닫고 3~4分後 氣泡의 數를 센다.

(2) Gas Blast Valve를 닫고 抽氣用 手動辨을 연 狀態에서 約 15分間 抽出펌프를 運轉하여 氣泡의 數를 센다.

(3) 氣泡數가 減少되고 있으면 冷凍機의 漏洩이 없는 것으로 判斷한다.

(4) Gas Blast Valve를 열고 抽氣펌프를 約 2時間 運轉한다.

(5) Gas Blast Valve 및 抽氣用 手動辨을 닫고 抽氣系統의 漏洩을 調査한다.

(6) 抽氣用 手動辨을 열고 氣泡數를 調査한다 氣泡數가 減少되고 있으면 冷凍機의 漏洩이 없는 것으로 判斷한다.

##### 15.2.2 漏洩있는 冷凍機

(1) 깨끗한 후레온가스 R-12와 乾燥窒素의 容積比 最小 50%의 混合 gas로 1 kg/cm<sup>2</sup> G 까지 冷凍機를 加壓한다.

(2) 10<sup>-6</sup> mmHg/sec의 漏洩量을 檢知할 gas檢知器를 使用 플랜지部, 溶接部, 擴管部 등의 全이음部를 徹底히 檢査한다.

(3) 以上의 檢査에서 發見된 漏洩部分을 補修하고 R-12와 窒素가스로 再試驗 한다.

(4) 漏洩部分이 없으면 大氣壓으로 한 後 別途로 使用하는 眞空펌프로 20 mmHg abs의 眞空으로 한다.

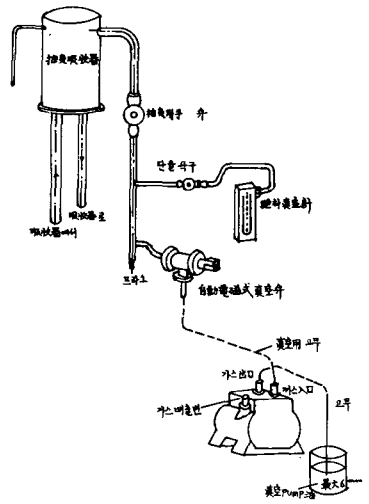
(5) 溶液熱交換器 Sevice Valve에 3/8 B 후레아를 接續하고 乾燥窒素를 本體에 供給되도록 한다.

(6) 乾燥窒素가 380 mmHg abs의 眞空으로 될 때 까지 充填한다.

(7) 20 mmHg abs의 眞空을 維持한다.

(8) (6)(7)項을 5回 반복후 2 mmHg abs 以下의 眞空으로 한다.

(9) 本體에 漏洩의 與否를 確認하려면 15.2.1의 順序로 點檢한다.



[그림 5] 抽氣管系圖

☆ note, 紙面關係로 第4章 以下는 다음號에 계속됩니다.