

遠心冷凍機

金 鳳 彬*

4. 遠心冷凍機의 容量制御法

遠心冷凍機裝置의 容量制御의 目的은 冷凍負荷의 變化에 따라서 裝置의 容量을 變하게 하는 것이다. 이때 一般의으로는 冷水出口溫度를 一定하게 維持시킨다. 間或 蒸發溫度를 一定하게 할 때가 있다.

凝縮器 冷凍水量이 一定할 때는 冷凍負荷가 變化함에 따라 凝縮壓力 即 凝縮溫度가 變한다. 때에 따라서는 冷却水量을 制御하여 冷却水出口溫度 또는 凝縮溫度를 一定히 한다.

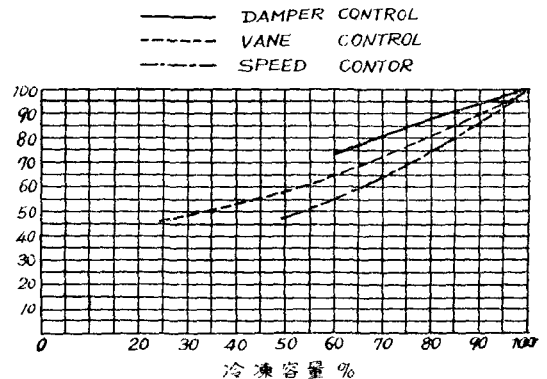
遠心冷凍機의 容量制御에는 다음과 같은 方法이 있다.

1. 壓縮機回轉數의 制御
2. 吸込댐퍼制御
3. 임펠러 吸込口에 設置한 흡입 베인(Suction Vane)의 制御
4. 바이패스(By-pass)制御
5. 冷却水量의 制御
6. 上記의 組合에 依한 制御

(1) 壓縮機 回轉數의 制御

壓縮機 回轉數가 變함에 따라 冷凍容量을 制御하는 方法으로서 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 가장 經濟的인 制御方法이다. 그러므로 蒸氣터빈 內燃機關을 遠心壓縮機의 驅動裝置로 使用할 때는 이 方法을 使用한다. 電動機를 使用할 때는 二次側에 抵抗을 넣고 抵抗值를 變化시켜 段階의으로 回轉數를 變하도록 하는 것이 普通이다.

또한 驅動機와 壓縮機間에 電磁클러치(Magnetic clutch) 流體커플링(Fluid coupling)을 設置하여 回轉을 變化시킬 수도 있지만 傳達效率(機械效率)이 낮으므로 많이 使用되지 않고 있다. 遠心壓縮機의 回轉數에 依하여 容量을 制御하는 原理는 그림 7과 같은 速度三角形에서 周速度 u 및 半徑方向速度 C_r 은 回轉數 n 에 比例하므로 헤드 H 는 u^2 에 比例하므로 結局 n^2 에 比例하게 되고 動力 w 는 $Q \times H$ 에 比例하므로 n^2 에 比例한다는 것을 容易하게 알 수 있다. 이 回轉數制御에 依하면 遠



容量調整比較曲線

Fig 6. 容量制御比較曲線

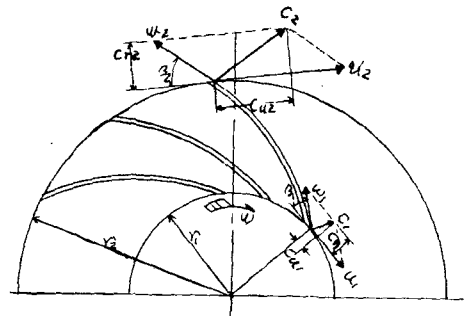


Fig 7. 速度三角形

心冷凍機의 容量을 全容量의 40~50%까지 制御할 수 있고 效率도 가장 좋다.

(2) 吸込 댐퍼制御

吸入댐퍼制御는 터보壓縮機의 吸込口에 設置한 벤틀리플라이形(나비形)댐퍼를 닫아 吸込壓力을 減少시켜 壓力헤드를 增加하게 하여 容量을 減少시키는 方法이다. 壓縮機에 壓力헤드를 增加시키면 그만큼 動力損失이 커지게 되어 部分負荷일 때는 成績係數가 不良하게 되므로 動力消費가 커진다. 吸込댐퍼制御에 있어서 風量을 減少시키면 서어징이 일어나게 되고 서어징點 以下の 風量으로는 運轉을 不可能케하므로 制御可能範圍는 全

* 正會員, 漢陽大學校 工科大學 講師

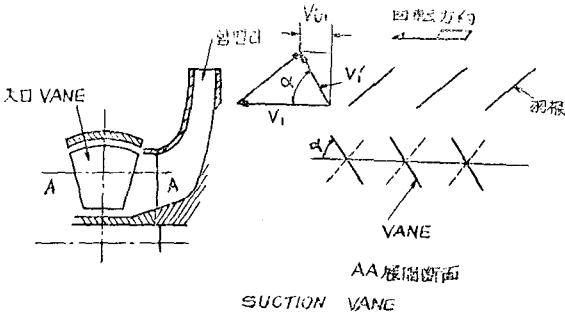


Fig 8. 흡입베인

容量的 60% 程度로 한다.

(3) 흡입베인의 開閉에 依한 容量制御

그림 8과 같이 임펠러入口에 軸方向 또는 半徑方向에 放射形으로 數枚의 扇形 흡입베인을 設置하고 이 베인의 角度를 變更시켜 임펠러入口 앞의 가스흐름方向을 變更시킨다.

即 이것은 速度三角形에서 入口相對速度 C를 回轉方向 또는 그의 反對方向으로 바꾸므로써 壓縮機의 헷드 風量特性을 變化시키는 方法이며 遠心冷凍機에서는 一般的으로 軸方向으로 되어 있다.

入口에서 吸込가스는 베인에 依하여 回轉方向에 分速度가 주어지므로 그림 8 速度三角形의 Cu_1 이 增加하게 된다. 따라서

$$H = \frac{1}{g}(u_2Cu_2 - u_1Cu_1)$$

의 괄호內의 第 2 項이 增加하게 되고, H는 減少하게 된다. 半徑方向의 分速度 Cr_1 은 變化하지 않으므로 流量은 變하지 않는다. 即 風量은 같고 헷드는 減少되므로 헷드가 같을 때는 風량이 減少되어 있는 것과 같다. 이렇게 되면 서어징點도 容量이 적은 쪽으로 移動하게 되어서 全容量의 20~30%程度까지 容量을 制御할 수 있고 成績係數도 吸込뎀퍼制御方法일 때보다 良好하므로 現在는 一般的으로 널리 使用되고 있다. 그림 9는 軸方向흡입베인 制御의 遠心壓縮機의 標準性能變化를 表示한 것이며 그림 10은 흡입베인의 回轉角度와 軸動力 N_e % 및 容量 Q_o %와의 關係를 表示하였다.

(4) 바이패스 制御

바이패스制御는 動力의 損失이 크므로 單獨으로 制御하는 方法을 取하지 않고 大概 위에서 論한 (1) (2) (3)의 制御에서 小容量일 때가 있다. 即 低溫冷凍機에서는 始動時에 때때로 蒸發器內의 壓力이 높아서 바이패스 瓣을 열고서 冷媒를 바이패스시킬 必要가 있다. 이때 吸入가스密度가 높으므로 壓縮機의 吸込가스重量이 커져 凝縮器와 蒸發器間의 壓力差가 적어지는데도 不拘하

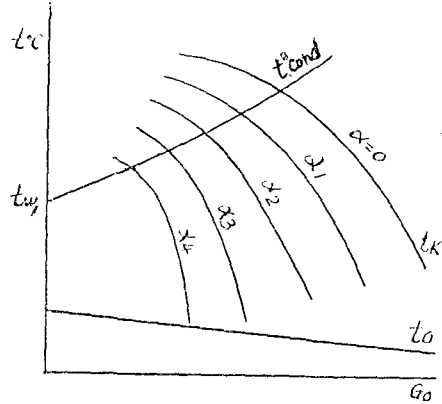


Fig 9. 入口 흡입베인의 開도에 依한 壓縮機 性能變化

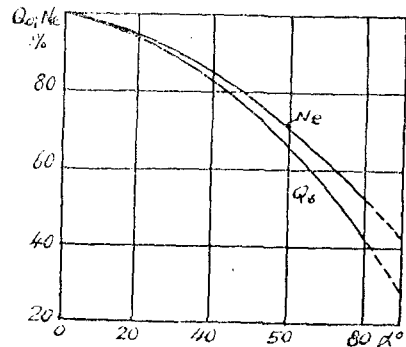


Fig 10. 흡입베인 開度 α° (但, $\alpha^\circ=0$ 는 開放)와 Q_o , N_e 와의 關係

고 大端히 큰 起動用 動力이 必要하게 된다. 吸込뎀퍼를 닫으면 勿論 所要動力은 減少된다.

絞縮後의 最高壓縮壓力(서어징點의 壓縮壓力)이 凝縮壓力와 같아질 때까지는 뎀퍼를 닫을 수 있다. 即 凝縮壓力가 낮아질수록 吸込壓力도 낮게 絞縮시킬 수 있다. 故로 始動時에 冷媒의 一部를 吐出管 또는 凝縮器로부터 蒸發器에 바이패스시키면 凝縮壓力의 增加를 防止할 수 있다. 그러나 이렇게 하여도 起動所要動力이 클 때가 있다.

(5) 冷却水量的 制御

凝縮器의 冷却水量的 減少시키면 그림 11에 圖示된 바와 같이 凝縮器特性 t_c 의 曲線은 점점 위로 올라간다. t_c 와 壓縮機特性曲線과의 交點 a_1, a_2, a_3 가 作動點이 된다. 各點에 對하여 t_{c1}, t_{c2}, t_{c3} 가 對位한다.

冷却水량을 減少시키에 따라 凝縮溫度가 上昇하므로 冷媒 1kg에 對하여 壓縮軸動力 W는 增加한다. Q_o 의 減少比率보다 w의 增加率이 크기때문에 N_e/Q_o 는 그림에서 알 수 있는 바와 같이 Q_o 의 減少와 더불어 增加하였다. 이 制御方法에서의 最少制御可能容量은 서어징點 s까지이다.

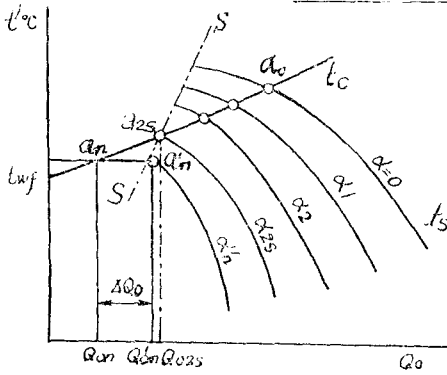


Fig 11. 凝縮器 冷却水量을 減少 시켰을 때의 遠心 冷凍機의 性能

凝縮器 冷却水量을 調整하면 위에서 說明하고 그림 11에서도 알 수 있는 바와 같이 比動力曲線 N_e/Q_0 가 容量에 比하여 急増하기 때문에 經濟的이 되지 못한다. 따라서 冷却水의 量이 大端히 不足될 때이든가 水道料가 高價일 때에 適合하다. 其外에는 電動機驅動으로 回轉數制御를 段階的으로 할 때 不連續間을 배우기 爲하여 이 制御方法을 利用할 배가 있다.

5. 遠心冷凍機의 維持管理

遠心冷凍機의 原理는 어떤 製作會社이든 同一하지만 構造 및 形態는 各製作會社마다 各自의 特色을 가지고 있어서 여기서는 一般的인 것만을 論한다. 詳細한 것은 各製作會社의 技術敎本을 參照하여 運轉 및 維持管理를 하므로써 機械의 性能을 健全하게 發揮시키고 壽命을 延長시킬 수 있다.

(1) 遠心式 壓縮機의 管理

冷房用으로는 F-11冷媒用 密閉式이 主로 使用되고 電動機의 電壓은 3相 440Volt 와 3300Volt 의 二種으로 製作되고 있다.

電動機의 卷線(마그넷 코일)은 冷媒와 潤滑油의 混合物에도 溶解되지 않는 被覆線인 絕緣性이 良好한 유리纖維系 및 雲母를 使用하고 絕緣와니스는 特殊合成樹脂等を 眞空含浸處理를 하였다. 運轉季節이 되어 運轉을 始作할 때는 必히 電氣絕緣抵抗을 메가테스터에 의하여 測定하고 運轉中에도 同一回 絕緣抵抗을 測定記錄하는 것이 豫防整備로서 좋은 方法이다. 메가테스터로 測定할 때 電動機內部가 眞空狀態일 때는 放電으로 絕緣을 破壞할 염려가 있으므로 絶對로 眞空狀態下에서는 電壓을 加하지 말고 반드시 大氣壓 또는 冷媒를 充塡하고 테스트하여야 된다. 絶緣抵抗의 基準値는 表 1과 같다. 萬一 絶緣抵抗이 前回測定한 것보다 낮아지면 潤滑油에 水分含有됨을 確認하지 못하였을 때는 繼續 測定

表 1. 絶緣抵抗의 基準値, 高壓用(3000V, 6000V 로)

區分	測定處	主端子와 接地間	새알프로테터 端子와 接地間
新製品		50MΩ 以上	50MΩ 以上
使用品		10MΩ 以上	10MΩ 以上

하여 더 抵抗値가 낮아지지 않는가를 注視하여 磨耗에 의한 外部損傷이 있지 않는가를 判斷하여야 된다.

遠心壓縮機는 高速回轉을 要하므로 電動機와 壓縮機間에는 增速齒車에 依하여 壓縮機임펠러의 回轉數를 8700r. p. m, 11300r. p. m(F-11冷媒使用, 單段일 때)으로 增速시키며 增速齒車는 太陽遊星齒車(Planetary Gear), 헬러컬기어 더블헬러컬기어의 三種이 主로 使用되고 있다. 이 기어들은 高速回轉을 하므로 回轉時에 潤滑油의 循環이 充分하게 이루어져야 한다. 潤滑油가 不足하거나 或은 휘명(Foaming)이 일어나서 潤滑不良이 되면 베어링과 기어가 瞬間的으로 磨耗되어 損傷하게 되므로 運轉者는 正常運轉時의 振動度와 音響을 귀에 익혔다가 異常한 振動이나 音響이 일어날 때 또는 電動機에 過負荷電流가 흐를 때는 即時 運轉을 中止하고 專門技術者와 協議하여 點檢할 必要가 있다. 베어링은 回轉部分을 支持하는 메탈 베어링과 임펠러의 推力를 받는 스티스트베어링으로 形成되며 메탈베어링은 強靱한 鑄鐵製本體에 화이트메탈의 內張을 한 것을 使用한다. 이 베어링도 기어와 마찬가지로 潤滑油의 循環不良에 의한 影響으로 瞬間的인 磨耗損傷을 일으키는 例가 많다.

(2) 蒸發器 및 凝縮器의 管理

蒸發器와 凝縮器의 役割 및 構造形態는 往復式 壓縮機에 使用하는 것과 同一하다. 冷媒의 特性上 F-11의 蒸發溫度와 凝縮溫度의 飽和壓力이 낮고 傳熱係數가 相異하며 遠心冷凍機에서 어떤 製作會社는 蒸發器와 凝縮器를 同一罐胴內에 收容한 形式도 있다.

蒸發器는 쉘 앤드 튜브形이고 튜브外部는 로우핀으로 冷媒에 接觸되었고 冷媒는 管束의 約 50%가 잠기도록 冷媒量을 充塡하는 것이 運轉中 冷媒가 沸騰하여 泡狀으로 되어서 完全히 管束을 덮게되므로 效率이 좋은 熱交換이 이루어진다. 管內部는 空調器에 使用할 冷水가 흐르게 된다. 管內部에 흐르는 冷水의 管理를 徹底히 하여 管內에 스케일이 生成되거나 汚物이 沈澱되어 傳熱效果를 減少시키지 않아야 된다.

凝縮器의 冷却水는 冷却塔를 使用하며 再循環시키는 境遇가 大部分이며 우물물이나 河川水를 使用하는 境遇는 거이 없다. 市水道로 補充하면서 冷却塔에 依하여 再循環시킬 境遇도 水質檢査를 月 1回程度 實施함을 要한다. 그 理由는 첫째 冷却水配管 및 冷却管의 腐蝕,

들께 스케일附着으로 冷却管의 性能低下와 管内流路의 抵抗을 増大시킨다.

以上과 같은 것이 原因이 되어서 遠心冷凍機의 冷媒 系統에 물이 스며 들거나 凝縮壓力의 異常上昇 蒸發壓力의 異常低下等에 依하여 서어징이 일어나기 쉽고 經濟的인 運轉을 할 수 없을 뿐 만아니라 때때로 運轉不能케 할 때가 있다.

于先 管理者로서 알아야 할 腐食의 要因을 簡單히 說明한다. 물에 溶存된 酸素는 金屬을 酸化시키거나 局部 電池를 만드는 原因이 되어 腐蝕을 甚하게 挿進시킨다. (pH 値와 알카리度)는 腐蝕에 큰 影響을 미치는데 pH 値는 7以上이 되지 않도록 하고 알카리度는 100ppm 程度로 維持되도록 함이 必要하다. 물處理에 關하여는 單純히 pH 値 7 또는 알카리度 100ppm 로 되는 것이 아니고 複雜한 關係가 있으므로 專門家와 相議하여 化學處理를 迅速히 하여야 된다.

腐蝕과 스케일 以外에 微生物에 依한 藻類의 繁殖과 無機質의 軟泥를 形成할 때가 있다. 이럴 때는 鹽素를 鹽素注入機로 注入하며 그 물은 微生物의 種類, 水中의 有機物質, 암모니아等 鹽素에 依하여 酸化되는 物質量에 따라 다르지만 普通 2.5~4ppm. 程度注入한다.

특히 都市나 工場地帶에서 亞硫酸가스公害가 甚하든가 煙突가까운 곳에 設置한 冷却塔은 空氣에 보일러와 自動車等에서 排出되는 亞硫酸가스가 吸込되어 冷却水에 溶解되어 硫酸이 生成되어서 腐蝕을 促進시켜 큰 事故를 내므로 濃度를 限界値 以下로 抑制하든가 不經濟的이지만 한 季節에 數次 물을 交換하는 것이 좋다.

以上은 물處理에 對한 要約이며 具體的인 說明을 할려면 範圍가 넓어지므로 次後 機會있는대로 물處理에 대한 것을 論하고저 한다.

(3) 冷媒의 管理

冷凍機를 長期間 順調로운 狀態로 運轉하기 爲하여는 冷媒 潤滑油 및 冷却水의 管理를 正常的으로 行하므로서 그 目的을 達할 수 있다. 遠心冷凍機에 使用하는 冷媒로서는 空氣調和用은 蒸發溫度를 0°C 以上으로 하는 것이 普通이다. 이럴 때는 F-11, F-113이 主로 使用되고 最近에는 美國에서 同容量을 크게 하고저 F-12로서 蒸發溫度를 0°C~-40°C 까지 하는 空調用遠心冷凍機는 大部分이 F-11 冷媒를 使用하고 있으며 1972年度에 美國某會社製로서 560USRT 程度의 容量인 F-12冷媒를 使用하는 遠心冷凍機 3臺가 導込되어 運轉을 하였다.

Freon系冷媒는 不燃性이고 毒性이 없고 그 自身만으로는 腐蝕性이 없는 化學的으로 安定된 冷媒로 알려져 있으나 高溫에서는 水分 潤滑油, 金屬과의 共存下에서는 化

學的 變化가 일어날 수 있다. Freon系冷媒의 劣化의 原因과 그 影響에 關하여 簡單히 要約하여 說明하고저한다.

위에서 論한 바와 같이 Freon自身은 化學的으로 安定하지만 水分이 存在하면 金屬이 觸媒가 되어 加水分解를 일으켜 弗化水素와 鹽酸을 生成시켜 이것이 腐蝕의 原因이 된다. F-11, F-12와 같이 水素原子가 存在하지 않는 冷媒는 水分의 溶解度가 極히 少量으로서 32°C에서 水分溶解量이 液體狀態에서 重量比로 F-11이 0.014%, F-12가 同溫度에서 0.0128%이지만 水素原子를 가진 F-22는 同溫度에서 0.158%로서 F-11이나 F-12보다 10倍以上 溶解度가 큰 것을 알 수 있다. 表 2는 JIS規格을 參考로 紹介한다.

表 2. JIS規格의 水分許容量

		規 格	JIS番 號
F-11		25ppm 以下	K-1520
F-12	家庭用	10ppm 以下	K-1517
	工業用	15ppm 以下	
F-13		15ppm //	K-1519
F-21		30ppm //	
F-22		20ppm //	
F-113		20ppm //	
F-114		20ppm //	
F-500		20ppm //	

遠心冷凍機에서 F-11 또는 F-113는 運轉壓力이 낮아서 運轉中에 空氣가 侵入하게 되고 空氣中の 濕氣가 凝縮하여 물이되므로 洩어지裝置가 되어 있다.

洩어지裝置가 있다고 하여도 運轉管理者는 于先 侵入되는 곳을 早期發見하여 侵入을 最少限으로 하는 데에 努力하여야 되고 不得已 多量으로 侵入되었을 때는 熱風乾燥 또는 眞空乾燥等의 方法으로 裝置內部를 乾燥시키고 冷媒의 汚染을 防止한다.

以上은 冷媒에 水分의 影響을 論하였으므로 다음은 潤滑油의 影響에 對하여 簡單히 論하고저 한다. 潤滑油가 冷媒에 少量이 溶解되었을 때는 다음과 같은 나쁜 影響이 있다. 冷媒에 潤滑油가 混入되면 蒸發器에 고여서 熱傳達을 惡化시켜서 冷媒의 蒸發溫度와 冷水와의 溫度差를 크게 한다. 지금 冷水溫度를 一定하게 維持하면 蒸發溫度가 低下되어서 冷媒가스의 比體積이 크게 되므로 가스量이 一定한 壓縮機에서는 가스量을 全量 吸入하지 못하는 故로 冷凍能力의 低下와 冺트增加를 가져오게 된다. 冷媒中에 潤滑油의 倉有許容量을 基準하기는 매우 困難하지만 一般的으로 10%程度까지는 큰 支障없이 使用할 수 있다고 생각된다. (次號繼續)