Bull. Korean Fish. Soc. 12(1), 13—18, 1979 韓水誌 12(1), 13—18, 1979

高速多氣筒 및 回轉式 壓縮機의 体積效率

吳 厚 圭* · 趙 權 玉*

A STUDY ON THE VOLUMETRIC EFFICIENCY OF HIGH SPEED MULTI-CYLINDER AND ROTARY COMPRESSOR

Hoo Kyu OH* and Kweoun OK CHO*

Volumetric efficiency is a determining factor for the measurement of compessor capacity, but it is practically hard to take an accurate measurement of capacity characteritics so that most of users trust the data of makers catalogue. We often realized the discrepancy in their data with actual capacity.

This study was attemped to establish the basic data of capacity characteristics of compressor by measuring volumetric efficiency of high speed multi-cylinder compressor and rotary compressor.

The volumetric efficiency was calculated based on the quantity of the flow of ammonia vapor and pressure difference in suction state of orifice plate and compressor.

The volumetric efficiency of high speed multi-cylinder compressor was 37—61% and that of rotary compressor was 57—82% when compression ratio was in the range of 4—12. The discrepancy in volumetric efficiency at an equal evaporating temperature between the makers catalogue and the measured data was 5.5%.

緖 論

國內 冷凍機 製作會社에서 製作된 冷凍機는 물론 輸入된 冷凍機를 運轉하는 運轉者들이 關心을 가지고 있는 것은 壓縮機의 性能과 体積效率이다.

그러나 이들 效率 값은 製作會社에서 作成한 效率 값과는 差異가 豫想되나 運轉되고 있는 壓縮機가 어느 程度의 效率로서 運轉되고 있는가를 正確히 測定하는 것은 쉬운 일이 아니므로 大部分의 運轉者들은 製作會社에서 作成한 效率 및 性能 만을 依支하고 있는 實情이므로 壓縮機의 實用的인 性能을 究明하기 위한 資料를 얻기 위하여 現在運轉中인 國內 冷凍機의 大部分을 차지하고 있는 M冷凍機 製作會社의 冷凍機中 本 大學 實習工場에 設置된 高速多氣筒 壓縮機, 그리고 回轉式 壓縮機를 實驗하여 壓縮機의 型式, 크레아란스, 壓縮化 等이 体積效率에 미치는 影響을 檢討하였다.

實驗裝置 및 方法

1. 裝 置

實驗裝置는 一般的인 冷凍裝置에서 Fig. 1과 같이 蒸發器 役割을 하는 混合탱크에 冷媒液과 hot gas를 注入하여 冷凍 싸이클 變動시켰다. 즉 高速多氣筒 壓縮機의 体積效率을 測定할 때는 混合탱크 ③을 使用하였고 hot gas와 冷媒液의 注入은 hot gas用 밸브, 電子弁, 手動 및 自動膨脹弁 等으로 調節하여 目的하는 蒸發溫度와 吸入壓力에 到達되도록 하였으며 hot gas 量이 不足할 때는 補助用 壓縮機를 使用하였다.

回轉式 壓縮機의 体積效率을 測定할 때는 混合탱크 ④를 使用하였고 高速多氣筒 壓縮機의 경우와 같이 밸브 操作에 依하여 液量과 hot gas 量을 調節하여 平衡狀態에 到達하여 維持되도록 하였다.

또한 測定誤差를 줄이기 위하여 混合탱크 및 低壓

* 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

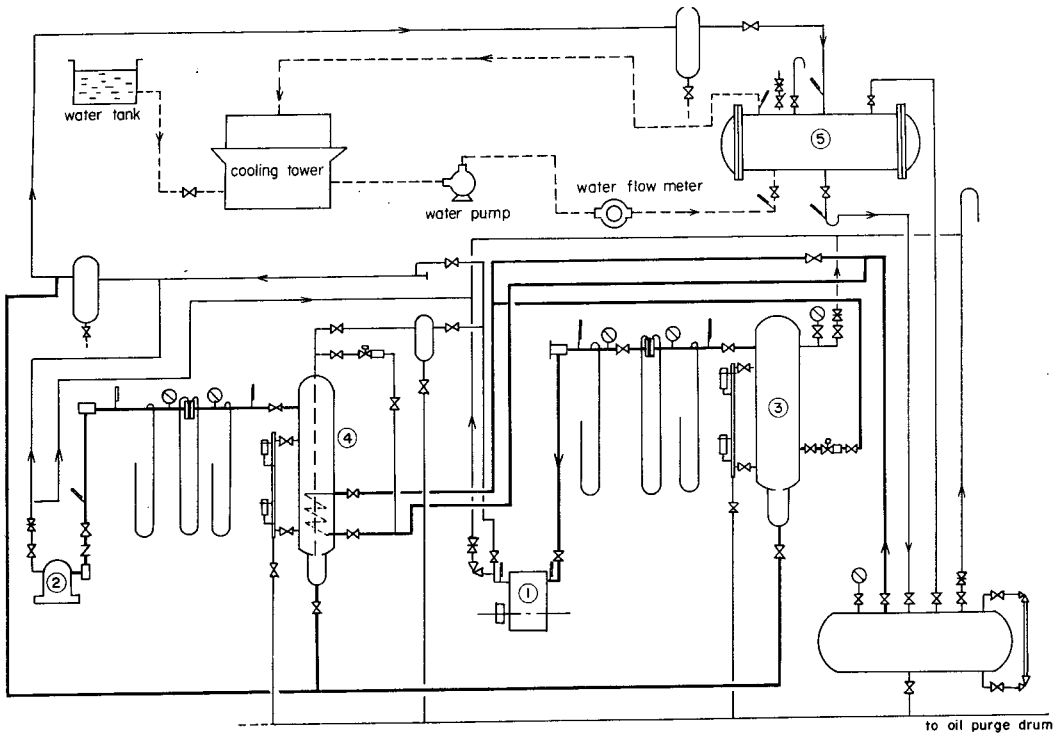

Fig. 1. Flow diagram for experimental system.
① : High speed multi-cylinder compressor
② : Rotary compressor
③ : Mixing tank for high speed multi-cylinder compressor
④ : Mixing tank for rotary compressor
⑤ : Receiver

管은 充分히 防熱하였으며 오리피스 前 後에는 溫度計, 마노메타, 壓力計를 附着시켰고 各 게이지의 連絡管에는 小形 油分離器를 附着시켰다.

實驗에 使用한 壓縮機는 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of compressors

	High speed multi-cylinder compressor	Rotary compressor
Piston bore	95 *mm*	135 *mm*
Piston length	76 *mm*	
Rotary Piston bore		109 *mm*
Revolutions per minute	1,000	1,160
Motor	37 *Kw*	18.5 *Kw*

2. 方 法

1. 流量 測定

壓縮機 吸入管에서 오리피스 板의 上流側과 下流側과의 사이에서 일어나는 靜壓差를 測定하여 流量을 求하였으며 裝置全般으로서는 日本工業規格(JIS—8762)에 準하여 使用하였다.

2. 回轉數 測定

日本 通産省 檢定 Maruyama 時計式 回轉計를 使用하였다.

3. 溫度 測定

補正한 棒狀 알콜溫度計(500*mm*×1/1, −50～+50°C)를 使用하였다.

4. 壓力 測定

分銅式 標準壓力計로 補正한 壓力計(直徑 150*mm*, 0～20*kg/cm*²) 및 水銀 마노메타를 使用하였다.

5. 体積効率

1) 隙間 体積効率(clearance volumetric efficiency)

細田 및 阿部(1963)과 같이 隙間 体積効率式을 使用하여 計算하였다.

2) 全体積効率(total volumetric efficiency, y_v)

實際 壓縮機의 冷媒循環量과 시린다의 隙間이 전혀 없고 吸入 및 吐出 壓力의 降下나 피스톤의 加熱等을 考慮하지 않은 理想的인 壓縮機에 의한 冷媒循環量과의 比로서 나타내었으며 鈴木(1963)와 같은 式을 使用하였다.

結果 및 方法

實驗에 使用한 高速多氣筒 壓縮機 및 回轉式 壓縮機의 實驗 結果는 Table 2, 3, 4, 5와 같다.

1. 隙間에 依한 影響

高速多氣筒 壓縮機에서 理論的으로 正確히 計算할 수 있는 것은 隙間 体積効率이며 實驗에 依한 隙間 体積効率의 값은 Table 4와 같다. 이 값은 암모니아 立型 壓縮機에 比하여 効率이 좋은것은 (木村, 1962)

Table 2. Characteristics of the high speed multi-cylinder compressor under different operating conditions

Discharge pressure (kg/cm^2 a.)	Suction pressure (kg/cm^2 a.)	Revolutions per minute	pressure difference (kg/cm^2 a.)	Evaporating temperature (deg. C)	Room temperature (deg. C)
6.43	1.55	950	0.190	−25	12.0
6.43	1.51	951	0.184	−25.5	12.0
6.43	1.48	955	0.170	−26	12.0
6.43	1.34	955	0.149	−28	12.2
6.43	1.22	956	0.135	−30	12.2
6.43	1.11	960	0.119	−32	12.5
6.33	0.95	964	0.100	−35	12.6
6.23	0.86	965	0.075	−37	12.5
6.23	0.73	966	0.061	−40	12.1
6.23	0.62	966	0.040	−43	12.0
6.04	0.56	967	0.027	−45	11.5

Table 3. Characteristics of the rotary compressor under different operating conditions

Compression ratio	Revolutions per minute	Evaporating temperature (deg. C)	Compressor in-let (deg. C)	Pressure difference (kg^2/cm a.)	Room temperature (deg. C)
12.0	1216	−45	−23.0	0.034	9.0
9.2	1215	−40	−21.0	0.047	9.0
7.1	1210	−35	−20.0	0.075	9.0
5.8	1210	−30	−18.5	0.076	9.1
4.5	1210	−25	−18.2	0.100	9.2
3.7	1207	−20	−15.5	0.191	9.5
3.0	1206	−15	−13.9	0.265	9.0
2.8	1205	−13	−13.0	0.275	8.0
2.5	1200	−10	−12.0	0.315	7.0

Table 4. Volumetric efficiency of the high speed multi-cylinder compressor and thermodynamic properties of NH_3

Theoretical piston displacement (m^3/h)	Actual piston displacement (m^3/h)	Theoretical weight of refrigerant circulated (kg/h)	Actual weight of refrigerant circulated (kg/h)	Total volumetric efficiency	Clearance volumetric efficiency
245.57	146.44	306.96	187.88	61.21	92.80
245.83	145.63	299.79	181.25	60.45	92.65
246.88	141.84	294.90	172.98	58.60	92.27
246.88	140.13	274.22	152.32	55.55	91.00
247.13	134.74	260.13	143.34	55.10	89.65
248.16	133.18	229.78	124.47	54.17	88.12
249.19	131.42	204.18	109.52	53.64	85.76
249.71	116.60	162.15	76.71	47.00	79.36
249.71	102.77	132.82	55.51	41.80	73.73
249.97	89.53	119.00	43.67	36.70	71.42

Table 5. Volumetric efficiency of the rotary compressor and thermodynamic properties of NH_3

Discharge pressure (kg/cm a.)	Suction pressure (kg/cm a.)	Compression ratio	Specific volume of ammonia vapor as suction of compressor (m^3/kg)	Orifice (m^3/kg)
6.73	0.56	12.0	2.30	2.20
6.73	0.73	9.2	1.70	1.60
6.73	0.95	7.1	1.32	1.30
7.00	1.21	5.8	1.20	0.98
7.00	1.54	4,5	0.83	0.61
7.20	1.94	3.7	0.65	0.58
7.20	2.41	3.0	0.53	0.49
7.30	2.62	2.8	0.48	0.40
7.30	2.97	2.5	0.43	0.35

Table 5. Cont.

Theoretical piston displacement (m^3/h)	Actual piston displacement (m^3/h)	Theoretical weight of refrigerant circulated (kg/h)	Actual weight of refrigerant circulated (kg/h)	Total volumetric efficiency
93.1	50.3	40.5	22.9	56.5
93.0	50.7	54.7	31.7	58.0
92.6	57.0	70.2	44.0	62.7
92.6	50.0	77.2	51.3	66.5
92.6	46.5	111.6	76.2	68.3
92.4	61.7	142.2	106.3	74.8
92.3	66.3	174.2	135.4	77.7
92.3	61.1	192.1	152.8	79.5
91.8	61.1	213.5	174.6	81.8

高速多氣筒 壓縮機가 立型 壓縮機에 比하여 隙間 比率이 대단히 적기 때문이라 생각된다.

實驗에 依한 全 体積效率과 比較하면 Fig. 2와 같이 隙間이 全 体積效率에 미치는 影響이 상당함을 알 수 있는데 이것은 冷媒의 熱力學的 性質을 考慮하면 細田 및 阿部(1963)의 報告와 비슷한 傾向을 나타내었다.

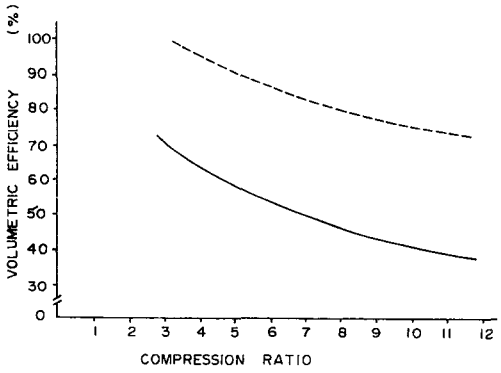

Fig. 2. Total volumetric efficiency and clearance volumetric efficiency vs. compression ratio of high speed multi-cylinder compressor.
---- : Clearance volumetric efficiency
—— : Total volumetric efficiency

2. 壓縮機의 型式에 依한 影響

壓縮機가 다르면 隙間, 回轉數等이 다르기 때문에 体積效率의 差異가 있다고 생각된다. Fig. 3은 高速多氣筒 壓縮機와 回轉式 壓縮機의 体積效率을 比較한 것이다. 回轉式 壓縮機가 同一 壓縮比에 對하여 高速多氣筒 壓縮機 보다 体積效率이 높은 것은 回轉式이기 때문에 往復動式에 比하여 殘留 壓縮가스가 별로 없고 冷却油로서 壓縮가스를 冷却하기 때문에 過熱에 의한 甚한 影響을 받지않기 때문이라고 생각된다. 이것은 또한 笠原(1975)가 報告한 스크류 壓縮機의 体積效率과 比較해 보면 스크류 壓縮機가 体積效率이 상당히 높은 것도 스크류 壓縮機는 기름의 內部 噴射에 依하여 로타의 隙間에 기름이 들어가서 이 기름의 氣密性 때문에 隙間에 依한 体積效率의 低下가 없고 弁部에서의 過熱도 없기 때문이라고 볼 수 있다.

3. 壓縮比에 依한 影響

Fig. 3에서 보는 바와 같이 体積效率은 壓縮比의 增加에 따라서 減少한다. 吐出壓力이 一定할 경우 吸

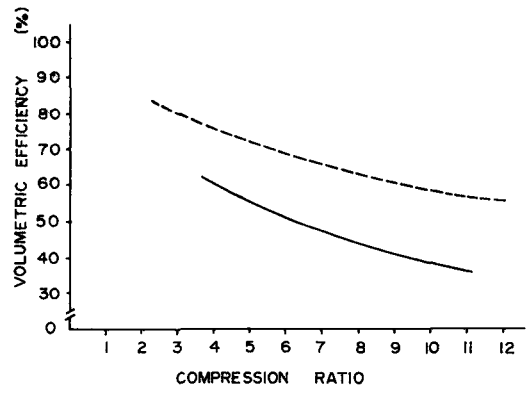

Fig. 3. Total volumetric efficiency vs. compression ratio of the high speed multi-cylinder compressor and the rotary compressor.
—— : High speed multi-cylinder compressor
---- : Rotary compressor

入壓力이 낮을 수록 吸入弁의 抵抗에 依한 壓力降下의 比率이 크게 된다. 따라서 吸入蒸氣 比体積의 增大 比率이 크게 되고 吸入弁의 加熱에 依한 蒸氣의 膨脹度도 크게되기 때문이다.

本 實驗의 結果는 坂爪等(1965)의 結果와 같은 傾向을 나타 내었다.

壓縮比의 增大에 따른 体積效率의 減少 現象이 高速多氣筒 壓縮機가 回轉式壓縮機나 스크류 壓縮機(山本, 1967) 보다 甚한 것은 前項과 같은 油의 影響이 크다고 보아진다.

製作會社에서 作成한 性能값으로 부터 体積效率을 計算해 보면 高速多氣 壓縮機의 경우 蒸發溫度가 −25°C, −30°C 일 때의 体積效率은 各各 66.4%, 60.5%이고 本實驗의 結果는 table 4에서 61.2%, 55.1%로 製作會社에서 作成한 값이 約 5.3% 높았다. 그리고 回轉式 壓縮機에서도 冷凍能力 값으로 부터 計算한 体積效率의 값은 蒸發溫度가 −15°C, −25°C, −35°C일 때 各各 84.3%, 79.3%, 71.7%이고 本 實驗의 結果는 同一 蒸發溫度에 있어서의 体積效率의 값은 table 5에서 各各 77.7%, 68.3% 62.7%로 製作會社에서 作成한 값이 平均 約 8.9% 높았다.

Fig. 4는 回轉式 壓縮機의 壓縮比에 따른 壓縮機 吸入蒸氣의 比体積을 나타낸 것이다. 吐出壓力이 7kg/cm^2으로 거의 一定하였으므로 壓縮比는 吸入壓力에 依하여 決定된다. 따라서 吸入壓力이 낮을 수록 吸入蒸氣의 抵抗에 依한 壓力降下가 크게되어 吸

入蒸氣의 比体積이 增大됨은 理論과 一致하였다. 高速多氣筒 壓縮機도 同一한 傾向을 나타내었으며 坂爪等(1965)의 報告와도 一致하였다.

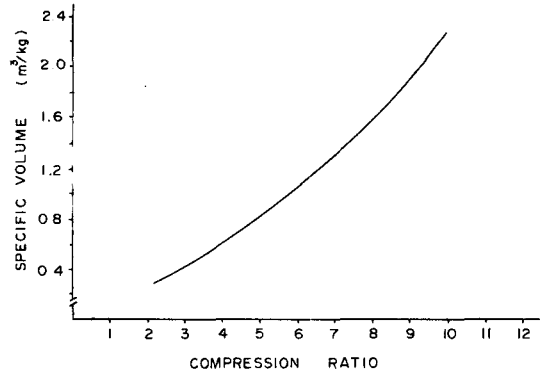

Fig. 4. Specific volume at the suction state of orifice vs. compression ratio of the rotary compressor.

Fig. 5는 高速多氣筒 壓縮機와 回轉式 壓縮機의 蒸發溫度와 体積效率과의 關係를 나타낸 것이다. 高速多氣筒 壓縮機는 蒸發溫度가 −30°C 以下의 低溫區에서는 回轉式 壓縮機보다 体積效率이 急激히 低下되었다.

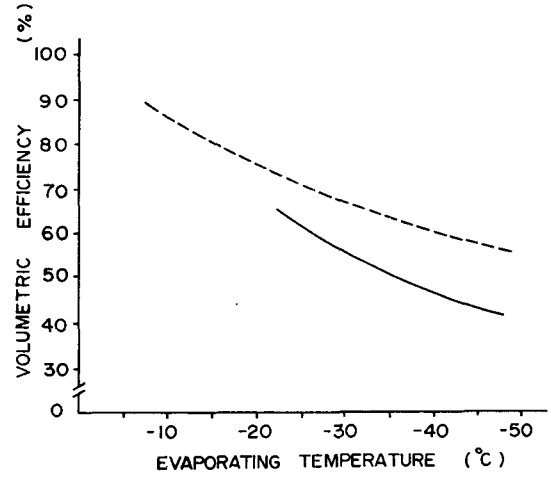

Fig. 5. Total volumetric efficiency vs. evaporating temperature of the high speed multi-cylinder compressor and the rotary compressor.
—— : High speed multi-cylinder compressor
---- : Rotary compressor

結論 및 要約

効率的인 運轉과 設計 誤差를 막기 위한 壓縮機의 性能을 알기 위하여 現在 運轉中인 國內 冷凍機의 大部分을 차지하고 있는 M製作會社의 高速多氣筒 壓縮機와 回轉式 壓縮機의 体積効率을 檢討하였다.

1. 高速多氣筒 壓縮機의 경우 隙間体積効率과 全体積効率과는 約 30%의 差가 있었으며 隙間의 体積効率에 상당한 影響을 미쳤다.

2. 高速多氣筒 壓縮機는 壓縮比 4~12의 範圍에서 体積効率이 37~61% 이었으며 回轉式 壓縮機은 体積効率이 57~82%로 同一 壓縮比에 對해서 回轉式 壓縮機가 約 20% 程度 높았다.

3. 蒸發溫度에 對한 体積効率은 高速多氣筒 壓縮機에서는 蒸發溫度의 低下에 따라 体積効率의 減少率이 甚하였으나 回轉式 壓縮機에서는 比較的 緩慢하였다.

4. 製作會社에서 作成한 冷凍能力 값으로 부터 計算한 体積効率의 값과 本實驗 結果는 同一 蒸發溫度에 對하여 高速多氣筒 壓縮機는 約 5.5%, 回轉式 壓縮機는 約 8.9%가 製作會社에서 作成한 값이 높았다.

文 献

細田泰生·阿部順常(1963): 冷凍用小型壓縮機の容積効率について. 冷凍 38(428), 19—25.

笠原敬介(1975): スクリユー 冷凍機(Ⅳ). 冷凍50(578), 990—999.

木村亥之助(1962): 二段壓縮裝置の冷凍能力の解析と算出圖表. 冷凍 37(422), 8—26.

日本工業規格(1977): 絞り機構による流量測定方法. pp. 31, 日本工業協會.

坂爪伸二·關信弘·齊藤圖·田尻茂雄(1965): 壓縮機の体積効率に關する實驗. 冷凍 40(454), 675—681.

鈴木登史男(1963): 冷媒流量計を用い 壓縮機の冷凍能力 及び 体積効率測定の實驗. 冷凍 38(427), 392—396.

山本恭男(1976): スクリユー冷凍機(1). 冷凍空調技術 27(314), 49—54.