

대체냉매를 사용한 스크루 압축기의 성능에 관한 연구

남임우*

1. 서 론

스크루 압축기는 1878년 독일의 Krigar에 의해 고안된 이후 1934년 스웨덴의 A. Lysholm에 의해 공기압축기로 개발·실용화되었고 관련된 기술과 특허는 스웨덴의 SRM사에서 가장 많이 보유하고 있다. 1960년대 중반부터 급유식 스크루 압축기가 냉동용으로 사용되기 시작하였으며 왕복동식 압축기를 점차적으로 대신하고 있다. 왕복동식 압축기에 비해 기구적, 구조적으로 좋은 특징을 많이 가지고 있어 소음·진동이 적고 체적효율이 높아 현재는 냉동 및 공조용 냉동기에 널리 채용되고 있다.

CFC 및 HCFC 계열의 냉매가 오존층 파괴 및 지구온난화 현상에 주범임이 알려지면서 전 세계적으로 염소를 포함한 냉매사용에 대한 환경규제가 강화되고 있다. 이에 부응하기 위해 현재 스크루 압축기에 가장 널리 사용되는 냉매로 HCFC 계열인 R22에서 HFC 계열인 R134a, 혼합냉매 R407C 같은 대체냉매로의 전환을 위한 연구가 빠르게 진행되고 있다.

일반적으로 냉매가 바뀌면 냉매의 증기압과 밀도, 잠열 등과 같은 물성치 변화가 따르게 되며 이에 따른 압축기의 체적효율 및 단열효율이 변하게 된다. 따라서 냉매의 변화에 대한 압축기의 특성에 대한 연구는 매우 중요하다.

본 연구에서는 현재 개발 진행 중에 있는 5+7 치형을 가지는 80 HP급 스크루 냉매 압축기의 냉매의 종류에 따른 성능시험결과에 대해서 고찰 하고자 한다.

2. 본론

2.1 압축기의 제원

본 연구에 사용된 스크루압축기의 제원은 다음의 표 1과 같다.

Table 1 Basic specification of screw compressor

Item	Unit	Specification
Profile		5+7
Piping	Suction	mm 79.38(3 in)
	Discharge	mm 53.98(2-1/2 in)
Rotor diameter	Male	mm 150.0
	Female	mm 146.4
L/Dm		1.05
Dimension	Height	mm 675.5
	Width	mm 495.0
	Length	mm 1432.5
motor spec.	Nominal power	kW 60
	Speed	rpm 3510
	Starting method	Y-Δ
Built-in Volume ratio		Vi 2.4
Weight		kg 585

2.2 압축기의 구조

본 연구에 사용된 압축기는 반밀폐형으로 주물로 만들어진 케이싱을 볼트로써 조립한 구조이며 구동전동기의 회전자가 슛로터의 축에 직결로 삽입된 형식이다. 전동기는 2극 삼상 유도전동기이며 압축기의 상부에 전동기와 연결되는 전원연결단자가 설치되어 있으며 슛로터와 암로터는 수평으로 조합되어 로터의 양단에 고정된 베어링에 의해 지지되며 회전되도록 되어 있다.

스�로터의 상부에는 부분 부하시 용량조정을 해주는 부분부하 조정용 피스톤 밸브가 위치하며 이는 좌우 움직임에 따라 슛로터의 상부 케이싱에 가공된 여러 개의 바이패스 구멍을 통하여 흡입된 가스를 다시 흡입측으로 바이패스시켜 부분부하 운전이 되도록 구성되어 있다.

토출시 분사되는 다량의 윤활유를 압축된 냉매가스와 분리시키기 위한 유분리기가 그림 1에 표시되어 있으며

* (주)센추리 기술연구소
E-mail : namwoo@centuryco.kr

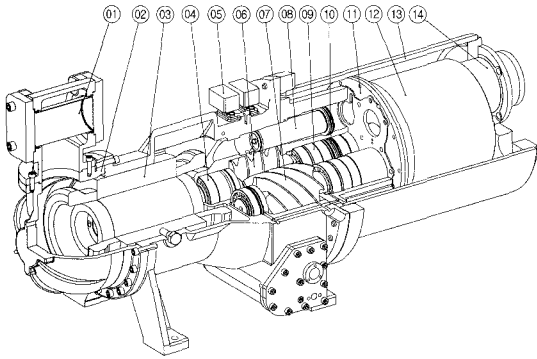


Fig. 1 Sectional figure of screw compressor

No.	Part Name	No.	Part Name
01	Suction Strainer	08	Piston Valve
02	Motor Cover	09	Ball Bearing
03	Motor Set	10	Balancing piston
04	Roller Bearing	11	Bearing Cover
05	Solenoid Valve	12	Oil Separator
06	Male Rotor	13	Oil Sep. Cover
07	Female Rotor	14	Check Valve

이 유분리기는 다공판과 demister 및 polyamide felt 로 구성되어 유힬유가 완전히 분리되도록 설계되어 있다.

2.3 성능시험

2.3.1 성능시험장치

성능시험장치는 표 2와 같이 ISO recommendation 541에서 제시하는 정도를 갖는 계측장비에서 실시되었으며 시험장치의 P&ID는 그림 2와 같이 Measuring Pipe System방식이며 노즐의 차압으로 순환되는 냉매 유량을 측정하여 압축기의 냉동능력을 측정하는 형식이다.

Table 2 Error allowance on measuring equip

Item	Allowance
Input torque	0.5% after calibration
Speed	±1 rpm
Pressure	±1%
Press. difference	±0.1%
Temperature	±0.1 °C

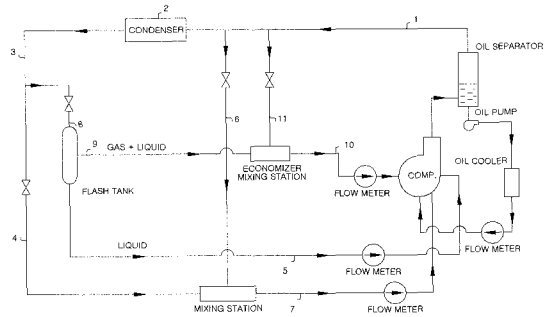


Fig. 2 P&ID of screw compressor calorimeter

3. 성능시험결과

다음은 HCFC-22, HFC-134a 및 R407C를 사용하여 Vi=2.4, Vi=4.0 및 Economizer를 적용한 경우에 대한 시험결과이다.

3.1 HFC-134a

3.1.1 Vi=2.4인 경우

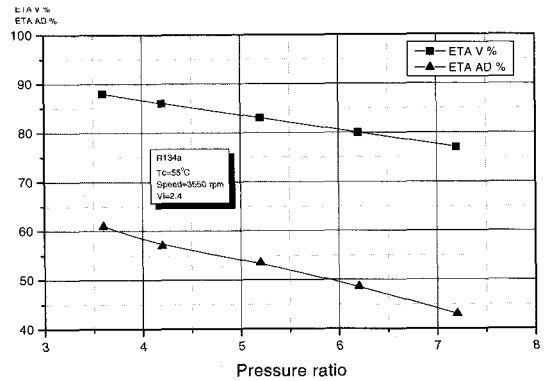


Fig. 3 A performance curve in case of Vi=2.4 without economizer

3.1.2 Vi=4.0인 경우

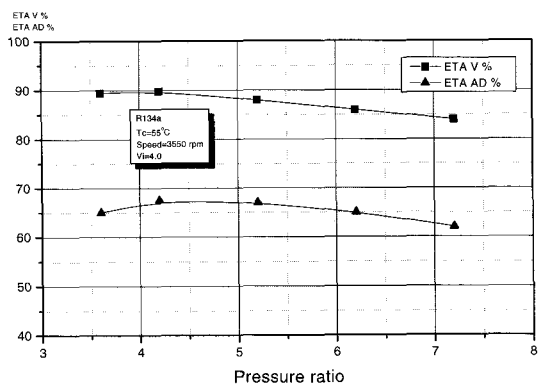


Fig. 4 A performance curve in case of Vi=4.0 without economizer

3.1.3 Economizer를 적용한 경우

이론 흡입량 415.1 m³/h, 설계용적비(Vi)가 각각 Vi=2.4, Vi=4.0을 갖는 스크루 압축기의 내부 설계용적비가 1.1 ~ 1.3의 부분에서 설정한 에코노마이저 적용에 따른 성능 향상을 시험에 의하여 측정하였을 때의 결과는 그림 5과 그림 6에 나타나 있다.

3.2 HCFC-22 vs R407C

다음의 시험결과는 HCFC-22와 R407C의 성능시험 결과를 나타내며 Vi=2.4, Vi=4.0 및 Economizer를 사용했을 경우에 대해 각각의 시험결과이다.

토출압력에 따른 HCFC-22와 R407C의 성능 비교가 각각 그림 7과 그림 8에 나타나 있다.

3.2 냉매에 따른 체적효율

그림 9는 각냉매의 압력비에 따른 체적효율을 나

타낸 것이다.

4. 결과 및 고찰

(1) HFC-134a를 적용한 스크루압축기에 대해 그림 3에

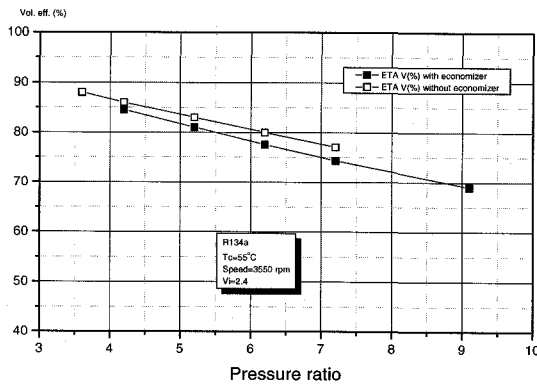


Fig. 5 A performance comparison in case of Vi=2.4 with economizer and without economizer

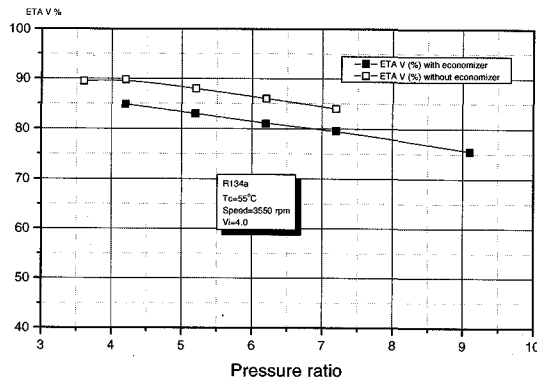


Fig. 6 A performance comparison in case of Vi=4.0 with economizer and without economizer

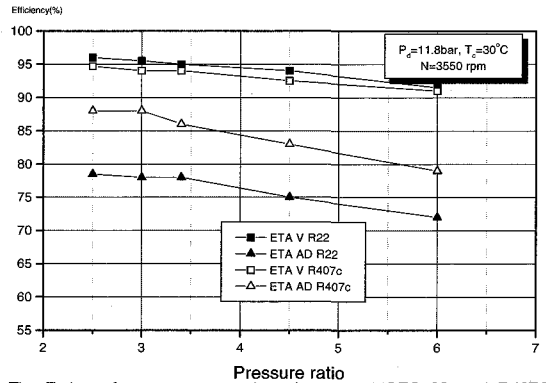


Fig. 7 A performance comparison between HCFC-22 and R407C ($P_d=11.8\text{bar}$)

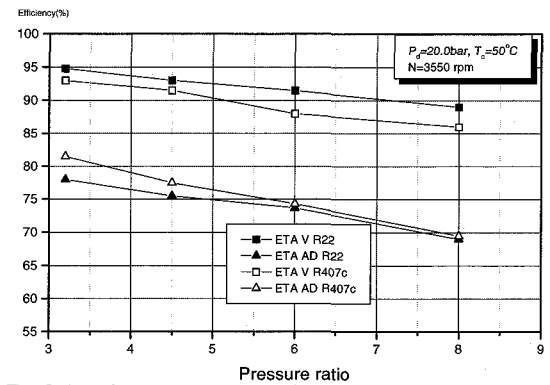


Fig. 8 A performance comparison between HCFC-22 and R407C ($P_d=20.0\text{bar}$)

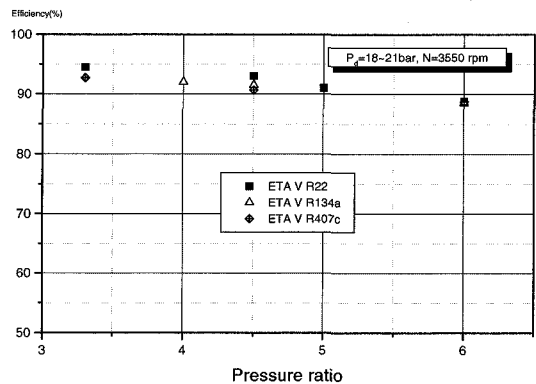


Fig. 9 A comparison of volumetric efficiency between HCFC-22, HFC-134a and R407C ($P_d=18\sim21\text{bar}$)

서와 같이 $V_i=2.4$ 에서의 체적효율은 압력비 3.0~8.0의 범위에서 92~85%, 단열효율은 70~60%를 나타낸다. 또한, $V_i=4.0$ 의 경우 그림 4에서와 같이 체적효율은 압력비 3.0~8.0의 범위에서 92~85%, 단열효율은 65~55%를 나타낸다.

- (2) HFC-134a를 적용한 스크루압축기에 대해 암로터축 케이싱에 위치하는 내부 용적비 1.1~1.3의 범위의 에코노마이저를 사용하였을 경우 그림 5, 그림 6에서와 같이 체적효율은 4~7% 감소하였다.
- (3) HCFC-22와 R407C를 비교 시험 시 압력비 3~8의 범위에서 $P_d=11.8$ bar, $P_d=20.0$ bar의 조건에서 체적효율은 HCFC-22가 2~4% 높게 측정되었다.
- (4) HCFC-22와 R407C를 비교 시험 시 압력비 3~8의 범위에서 $P_d=11.8$ bar의 조건에서 단열효율은 R407C가 6~10% 높게 측정되었으며, $P_d=20.0$ bar의 조건에서는 1~3% 높게 측정되었다. $P_d=18\sim 21$ bar의 조건에서는 압력비 3~6의 경우 각각의 냉매에 따라 체적효율 값이 1~3%의 편차를 보였다.

5. 결 론

현재 중·대형 냉방시스템에 널리 적용되고 있는 스크루 냉매압축기에 HCFC-22, HFC-134a, R407C 냉매를 적용하여 시험한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

- (1) R22의 대체냉매로 R407C를 적용할 경우 압력비 대비 체적효율 및 단열효율에 약간의 차이가 있으나 냉매의 특성(증기압, 온도)이 비슷하고 냉동용량에 큰 변화가 없으므로 대체가 가능하다.

- (2) 동일 압축기를 적용할 경우 R134a의 경우에는 압력이 낮고 비체적이 커서 냉동용량이 감소한다. 반면 모터 입력이 적다. 따라서 더 큰 용량의 스크루 로터 설계나 작은 용량의 모터 설계 및 적용이 요구된다.
- (3) 본 연구에서는 R22 스크루 냉매 압축기에 대한 대체냉매 적용 가능성을 확인하였고 또한 성능예측에 대한 근거자료와 성능 개선에 대한 기초자료를 제시하였다.
- (4) 차후 스크루 냉매 압축기의 성능 및 효율향상을 위해서는 오일 분리기의 성능향상과 용량조절방법에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- (1) Sjöholm, L., 1985, "Variable V_i Capacity control, Liquid Refrigerant Injection and Economizer Systems," SRM technical screw compressor conference, Oct. 28-31.
- (2) Johnson, S., 1985, "Performance Simulation of Twin-Screw Compressor with Economizer," SRM technical screw compressor conference, Oct. 28-31.
- (3) ISO recommendation R541 1967, "Measurement of fluid flow by means of orifice plates and nozzles," International organization for standard.
- (4) 남임우, 박동성, 1999, "R134a를 사용한 중대형 스크루 압축기의 성능에 관한 연구", 공기조화 냉동 공학회 '99 동계학술발표회 논문집, pp. 136~142.
- (5) 이동주, 박동성, 김상국, 신정관, 이주용, 2001, "80HP 급 스크루 냉매 압축기 성능평가Ⅱ", 대한설비공학회 2001 하계학술발표회 논문집, pp. 1121~1125.