

중대형 스크루 압축기의 성능에 관한 연구

박동성* · 양승현* · 이동주* · 신정관* · 유성연**

A study of the performance on large capacity screw compressors

D. S. Park, S. H. Yang, D. J. Lee, J. K. Shin and S. Y. Yoo

Key Words: Screw compressor(스크루압축기), High efficiency chiller(고효율냉동기), Built in volume ratio(V_i ; 체적형성비), Volumetric efficiency(체적효율), Adiabatic efficiency(단열효율), Male rotor(수로터), Female rotor(암로터)

Abstract

For the saving of energy consumption, it is necessary that the high efficient energy transfer machine. We found the optimum operating condition of screw water chiller during this performance test. The specifications of compressor for this performance test are as follows. Built-in volume ratio ; $V_i=2.4$, using refrigerant ; HCFC-22, nominal motor output ; 60kW(80Hp). We found the test results on water cooled chiller standard test condition that the evaporating capacity is increased 8% maximum and 5.6% under same operating condition. and COP is increased 11% max. and 8% under same operating condition with change of the evaporating inlet/outlet condition. For the results of these test, we can estimate the optimum operating condition of water cooled type screw chiller.

1. 서론

여름철의 피크타임의 전력난의 해소를 위하여 에너지 절약기기의 개발이 매우 중요하게 되었다. 냉동공조산업분야의 스크루식 냉동기, 브라인 쿨러, 히트펌프와 콘덴싱유닛 등에 많이 사용하고 있는 스크루식 냉매압축기는 1986년 스웨덴의 SRM사와 기술 제휴한 이래 1988년부터 시작품을 개발하여 국내시장에 전동기 공칭출력 30~60Hp급을 판매중이다. 스크루 냉매압축기는 왕복동식 압축기와는 동일한 용적형 압축기이지만 성능 및 효율면에서 장점이 있기 때문에 스크루 냉매압축기로 많이 대체되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 공조용 및 냉동용으로 널리 쓰여지고 있는 반밀폐형 스크루압축기를 사용한 수냉식 냉동기를 시험하여 보다 고효율의 성능을 발휘할수

있는 인자를 도출하고자 한다.

본 시험에 사용된 80Hp급 스크루 냉매압축기에 적용된 주요기술은 부분부하 운전에 따른 성능개선 및 유분리기의 최적화를 들 수 있으며 이는 중대형 냉동기의 성적계수 향상에 가일층 이바지하여 우수한 냉동을 실현시킬 뿐만 아니라 에너지절약에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 압축기의 제원

스크루압축기는 한쌍의 수로터 및 암로터가 서로 맞물려 회전하면서 수로터와 암로터에 의해 형성된 밀폐체적이 축방향으로 이동하면서 체적감소에 의해 압축이 이루어진다. 본 연구에 사용된 스크루압축기는 전동기 공칭출력 60kW(80Hp)급의 HCFC -22를 사용하는 압축기이다. 본 시험에 사용된 압축기의 제원은 아래의 Table. 1과 같다.

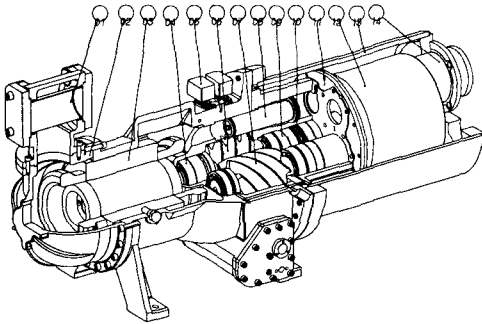
* (주)롤텍 기술연구소

** 충남대학교 기계설계공학과

Table. 1 Basic specification of tested screw compressor

Specification		Unit	80Hp
Profile			5+7
Piping	Suction	mm	79.38(3 in)
	Discharge	mm	41.28(2 in)
Rotor diameter	Male	mm	150
	Female	mm	146.4
L/Dm			1.05
Dimension	Height	mm	675.5
	Width	mm	495
	Length	mm	1416
Motor spec.	Nominal power	kW	60
	Speed	rpm	3,510
	Starting method		Star-Delta
Weight		kg	545

2.2 압축기의 구조



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

Fig. 1 Sectional figure of screw compressor

본 시험용 압축기의 단면도는 Fig. 1에 나타나 있으며 반밀폐형으로 케이싱을 볼트로써 조립한 구조이며 구동전동기의 회전자가 수로터의 축에 직결로 삽입된 형식이다. 전동기는 2극 삼상 유도전동기이며 압축기의 상부에 전동기와 연결되는 전원연결자가 설치되어 있으며 수로터와 암로터는 수평으로 조합되어 로터의 양단에 고정된 베어링에 의해 지지되며 회전한다.

수로터의 상부에는 부분 부하시 용량조절을 해주는 부분부하 조절용 피스톤 밸브가 위치하며 밸브는 좌우 움직임에 따라 수로터의 상부 케이싱에 가공된 여러 개의 바이패스 구멍을 통하여 압축된 가스를 다시 흡입측으로 바이패스시켜 부분부하 운전이 되도록 조립되어 있다.

2.3 성능시험 장치

2.3.1 압축기 성능시험장치

압축기 성능시험은 Table. 2와 같이 ISO recommendation 541에서 제시하는 정도를 갖는 계측장비에서 수행하였으며 시험장치의 P&ID⁽²⁾는 Fig. 3과 같이 Measuring Pipe System 방식으로 노즐의 차압으로 순환되는 냉매유량을 측정하여 압축기의 냉동능력을 측정하게 된다.

Table. 2 Error allowance on measuring equipment⁽¹⁾

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

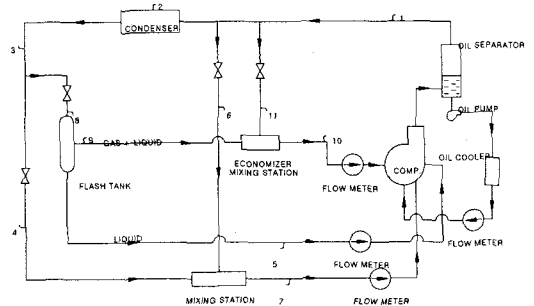


Fig. 2 P&ID of screw compressor calorimeter

2.3.2 압축기 성능시험용 수냉식 냉동기

본 시험에 사용된 압축기의 성능을 시험하기 위해 Shell and tube 방식의 응축기와 역시 Shell and tube 방식의 건식 증발기, 그리고 온도와 압력감응식 팽창밸브가 설치된 수냉식의 스크루냉동기를 제작하여 냉동기의 성능을 측정 및 성능

을 평가하였다.

또한, 압축기 내부에 설치된 전동기의 신뢰성을 평가하기 위해서 전동기의 권선에 열전대를 설치하여 전동기의 온도를 측정함으로써 전동기의 신뢰성을 평가하였다.

시험용 냉동기의 사진이 Fig. 3에 나타나 있다.

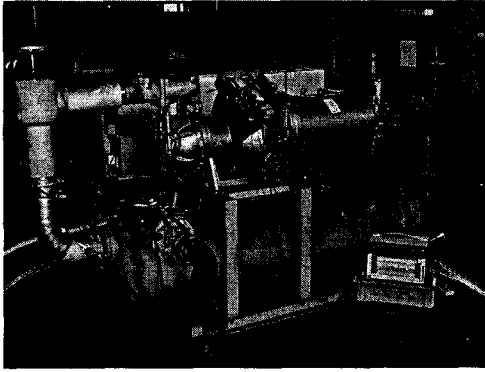


Fig. 3 Photo of tested screw water chiller

3. 성능시험결과

3.1 압축기 성능시험 결과⁽³⁾

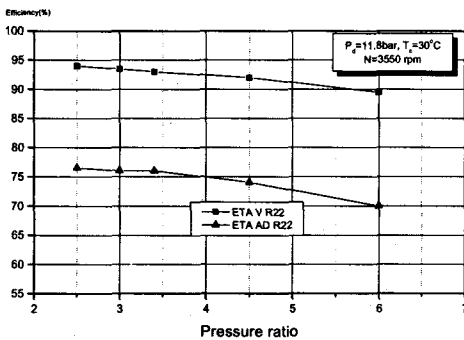


Fig. 4 A performance comparison in conditions of $V_i=2.4$ and $V_i=4.0$ using HCFC-22 ($P_d=11.8\text{bar}$)

$V_i=2.4$ 및 4.0 의 조건에서 HCFC-22를 사용하여 시험하였을 때의 시험결과가 Fig. 4와 Fig. 5에 나타나 있다. Fig. 4와 Fig. 5를 비교해보면, 전체적으로 토출압력은 차이가 있지만 압력비가 높을수록 압축기의 체적효율 및 단열효율이 감소

함을 볼 수 있다. 압축비가 상승하면 압축기 토출구에서 과압축이 발생하고 이에 따른 손실로 압축기의 체적효율이 감소한다. 또한 과압축이 발생하면 압축기 토출측의 상태가 과열상태에 이르므로, 이에 따라 압축기의 단열효율이 감소한다.

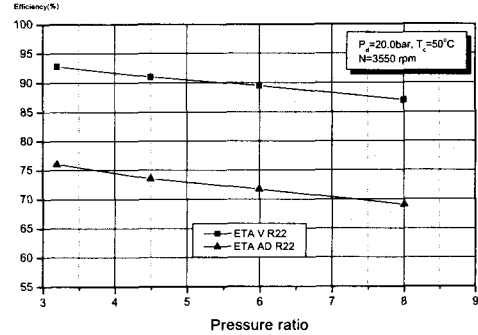


Fig. 5 A performance comparison in conditions of $V_i=2.4$ and $V_i=4.0$ using HCFC-22 ($P_d=20.0\text{bar}$)

3.2 냉동기 시험결과

시험용 수냉식 냉동기의 개략도를 Fig. 6에 표기하였다. 그리고, 수냉식 냉동기의 시험 데이터는 Table. 3과 Table. 4에 나타나 있다. Table. 3과 Table. 4의 냉동기 시험조건인 경우 응축기측의 냉각수 입/출구 온도는 $32^\circ\text{C}/37^\circ\text{C}$ 이며, 증발기측의 냉수 입출구 조건은 입구측 12°C , 출구측 7°C 로 동일하며, 냉수량은 $48\text{ m}^3/\text{hr}$ 이다.

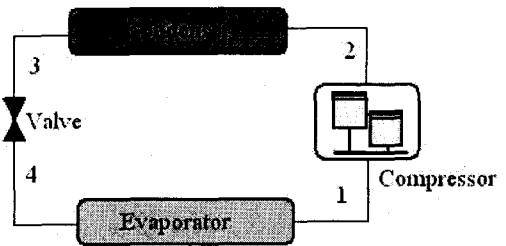


Fig. 6 A schematic diagram of tested screw water chiller

Table. 3 Test condition #1 of screw water chiller

Item		1	2	3	4
Pressure(P)	[Mpa]	0.55	1.58	1.58	0.55
Temp.(T)	[°C]	7.5	65.7	36.3	2
Enthalpy(h)	[kJ/kg]	254.3	283.7	89.4	149.1
Entropy	[kJ/K·kg]	0.934	0.9415	0.3264	0.2822
Specific Volume(v)	[m³/kg]	0.04379	0.01716	0.00087	0.05284
Density(ρ)	[kg/m³]	22.836	58.292	1147.45	18.930
Evaporating Calorie	[kcal/kr]	228,330 (Evaporator Inlet : Vapour)			
COP		3.466			

Table. 4 Test condition #2 of screw water chiller

Item		1	2	3	4
Pressure(P)	[Mpa]	0.55	1.58	1.58	0.55
Temp.(T)	[°C]	7.5	65.7	36.3	3.111
Enthalpy(h)	[kJ/kg]	254.3	283.7	89.4	89.4
Entropy	[kJ/K·kg]	0.934	0.9415	0.3264	0.3372
Specific Volume(v)	[m³/kg]	0.04379	0.01716	0.00087	0.00930
Density(ρ)	[kg/m³]	22.836	58.2920	1147.45	107.492
Evaporating Calorie	[kcal/hr]	241,000 (Evaporator Inlet : Liquid)			
COP		3.746			

4. 결론

본 연구에 사용된 시작품 80Hp 스크루 냉매 압축기 성능시험 및 수냉식냉동기에 장착하여 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압력비 3~5사이의 조건에서 스크루압축기의 체적효율은 91%~94%이다.
- 2) 압력비 3~5사이의 조건에서 스크루압축기의 단열효율은 72%~76%이다.
- 3) 압력비가 증가할수록 토출구에서 과압축이 일어나, 압축기의 손실로 작용함에 따라 압축기의 체적효율이 감소한다.
- 4) 압력비가 증가하면, 압축기의 토출측의 상태가 포화상태에서 과열상태로 변화하기 때문에 압축기의 단열효율은 감소한다.
- 5) 수냉식냉동기 표준시험조건에서 냉동기의 소음은 78dB이었으며, 진동은 최대 25 μ m이다.

6) 증발기 입구측의 냉매조건을 증발기의 냉수 출구측 온도와 더욱 근접시키는 것이 냉동기의 성능 향상에 도움이 되었다. 이 경우 압축기 입구측에 액냉매의 혼입으로 압축기가 액압축이 일어날 가능성이 있으므로 증발기 설계시 주의를 기울여야 한다.

참고문헌

- (1) Sjöholm, L., Oct. 28-31, 1985, "Variable Vi Capacity control, Liquid Refrigerant Injection and Economizer Systems.", SRM technical screw compressor conference.
- (2) ISO recommendation R541, 1967, "Measurement of fluid flow by means of orifice plates and nozzles", International organization for standard.
- (3) 남임우, 신정관, 박동성, 2000, "대체냉매를 사용한 스크루 압축기의 성능에 관한 연구", 제 1회 냉매압축기 conference.