

# 스크류 냉동기의 소개와 국내외 기술동향

권 병 렬

## An Introduction and Technical Review for Screw Compressor Chiller

Byung-Ryul Kwon



- 권병렬((주)경원세기 기술연구소)
- 1958년생
- 산업용 냉동 및 공조시스템분야에서 에너지 절약기술(리터펌프 및 고효율 기술 등)에 관심을 가지고 있다.

### 1. 머리말

우리나라는 개발도상국에서 선진국으로 도약하는 단계에서 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 에너지 소비증가율이 선진국보다 훨씬 높아 경쟁력이 뒤지고 있고, 지구온난화 방지대책으로 탄소세를 에너지 소비량에 따라 부과하는 방안이 선진국들에 의해 제기되고 있어 대외 경쟁력이 더욱 떨어질 전망이다. 또한 지구 오존층을 보호하기 위해 특정물질(CFC계)이 1996년부터 규제에 들어가거나 우리나라는 선진국에 비해 연구, 개발 수준이 뒤쳐져 냉동 공조 업계에서는 상당한 고전을 하고 있는 실정이다.

스크류 냉동기의 특징은 CFC계 냉매를 사용하지 않고도  $-60^{\circ}\text{C}$  까지 무난하게 온도를 내릴 수 있어 대체 물질의 사용기술이 취약한 국내사정에 빛추어 볼 때 상당한 시간을 벌 수가 있다. 또한 다른 방식의 압축기에 비해 고효율 운전할 수가 있다. 스크류 냉동기에서 핵심 부품인 스크류 압축기는 1878년 독일의 Krigar에 의해 원리가 정립되

었고, 1934년 스웨덴의 A. Lysholam에 의해 공기 압축기로써 상품화가 되었다. 가까운 일본에서는 1955년 스웨덴의 SRM사로부터 기술을 도입하여 상품화를 시작하였다. 국내는 1970년대부터 스크류 압축기를 외국으로부터 수입하고 기타 부속품은 국내에서 제작하는 정도로 성장하고 있다가, 1986년에 K사에서 스웨덴의 SRM사로부터 기술을 도입하여 1단 압축 스크류 냉매압축기를 제작하기 시작하였고, 1991년부터 국내 기술로 2단 압축 반밀폐형 냉매 압축기의 연구 개발에 들어가 92년 말부터 상품화를 성공시켰다. 이 글에서는 스크류 냉동기의 특징과 구성을 소개하고 특히 스크류 압축기의 원리 및 기술현황에 관하여 언급하고자 한다.

### 2. 스크류 냉동기

스크류 냉동기는 농·수·축산물의 냉동·냉동장치, 각종제빙장치, Ice Rink, 고압축비가 요구되는 Heat Pump, 열화수소·헬륨·LNG 등의 가스의 압축장치 등에 다양하게 사용되어지고 있다.

표 1 냉동기 종류에 따른 성능 비교

항 목	Screw 냉동기	고속다기통 냉동기	회전용적형 냉동기	터보 냉동기
형태 냉동능력	고속회전식 소용량~대용량	저속 왕복동식 소용량~중용량	저속회전식 중용량	고속회전식 중용량~대용량
압축방법	회전용적식	왕복동 용적식	회전용적식	유체역학식
운전조건 압축비	저압축비~고압축비 압축비에 의한 체적 효율의 변화 적음	중압축비에서 고압 축비로 갈수록 체적 효율 저하가 큼	중압축비~고압축비 체적효율 변화 적음	저압축비에만 사용
운전토출온도	낮음(70~80°C)	높음(120~180°C)	낮음(70~90°C)	낮음
운활유 변화	거의 없음	토출온도에 의한 열 화가 빠름	거의 없음	거의 없으나 년 1회 검사 요함
용량제어	무단계제어 10~100%	단계제어 25. 50. 75. 100. 33. 66. 100	할 수 없음	무단계어 : 10~100%
압력변화에 따른 운전안정성	안정됨	비교적 안정	안정됨	불안정
기계적 습동부	마모하는 부분이 거의 없음	피스톤링, 실린더등 마모함	회전 피스톤 스리브 등의 마모 있음	마모부분 거의 없음 고속회전으로 베어 링부 점점
작동변	없음	토출흡입변이 있어 파손사고가 있음	편심운동으로 진동 있음	거의 없음
진 동	거의 없음	불규칙적인 진동 있 음	편심운동으로 진동 있음	거의 없음
액유(液油)의 흡입 에 의한 영향	문제 없음	링 마모, 밸브 등 파손사고 있음	문제 없음	파손사고의 위험이 있음
보수관리	마모품이 없으므로 장기간 불필요(2년 에 1회)	연 1회 전체보수가 절대 필요	마모품 교환을 연 1 회 필요	고속회전으로 연 1 회 전체보수가 절대 필요
설치면적 및 기초	용량에 비하여 적으 며 비교적 간단	서비스공간 필요 튼 튼한 기초가 필요함	고속다기통과 같음	용량에 비해서 적으 며 비교적 간단히 됨
내구성	아주 좋음	마모부 파손부가 있 음	고속다기통과 같음	양호
소음	2중 케이싱을 사용 하고 모터 내장된 것은 매우 적음 기타 : 높음	양호	양호	높음
고압가스 안전관리법	고압으로 적용받음	적용	적용	저압으로 적용하지 않음

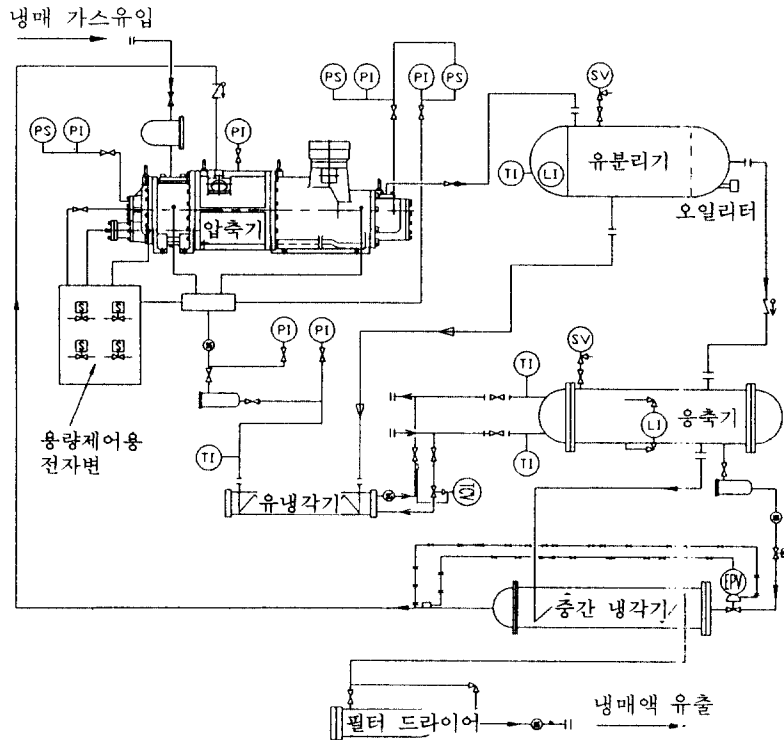


그림 1 스크류 냉동기 시스템;

LI : 레벨게이지, TCV : 온도조절용 밸브,  
 EPV : 팽창밸브, S : 전자변, SV : 안전변  
 PI : 압력계, TI : 온도계, PS : 압력스위치,

스크류 냉동기는 중대형, 저온용에서 많이 사용되어지고, 특히 2단 압축식 스크류 냉동기는 R-502(CFC계로 1996년부터 규제대상) 냉매를 사용하지 않고 R-22(HCFC계, 2030년까지 사용가능)냉매를 사용하여 증발온도 -65°C까지 높은 성적계수를 유지하며 도달할 수 있다. 스크류 냉동시스템 채용 판단시 중소형에서는 왕복동식, 대형 냉동기에서는 터보 냉동기와 비교가 되고 있으며, 각 기기의 장단점을 비교해 보면 표 1과 같이 정리될 수 있다.

스크류 냉동기 시스템의 구성은 그림 1에서 보는 바와 같이 압축기, 유분리기, 중간 냉각기, 유냉각기 등으로 구성된다.

### 3. 스크류 압축기

일반 왕복동식 냉동기와 비교하면 스크류 냉동기는 압축기 및 급유 라인측에 관련된 부품에서 그 특징을 가진다. (그림 1 배관계통도 참조)

그림 2에서는 반밀폐형 스크류 압축기의 수평 및 수직단면도를 보여준다. 주요 구성품으로서는 그림의 (5) 및 (6)에 해당되는 암수로터, (13), (14), (16), (17) 및 (19)에 해당되는 베어링, (2), (3)에 해당되는 케이싱, (11) 및 (12)에 해당되는 모터를 들 수 있다. 스크류 압축기의 부품수는 왕복동식

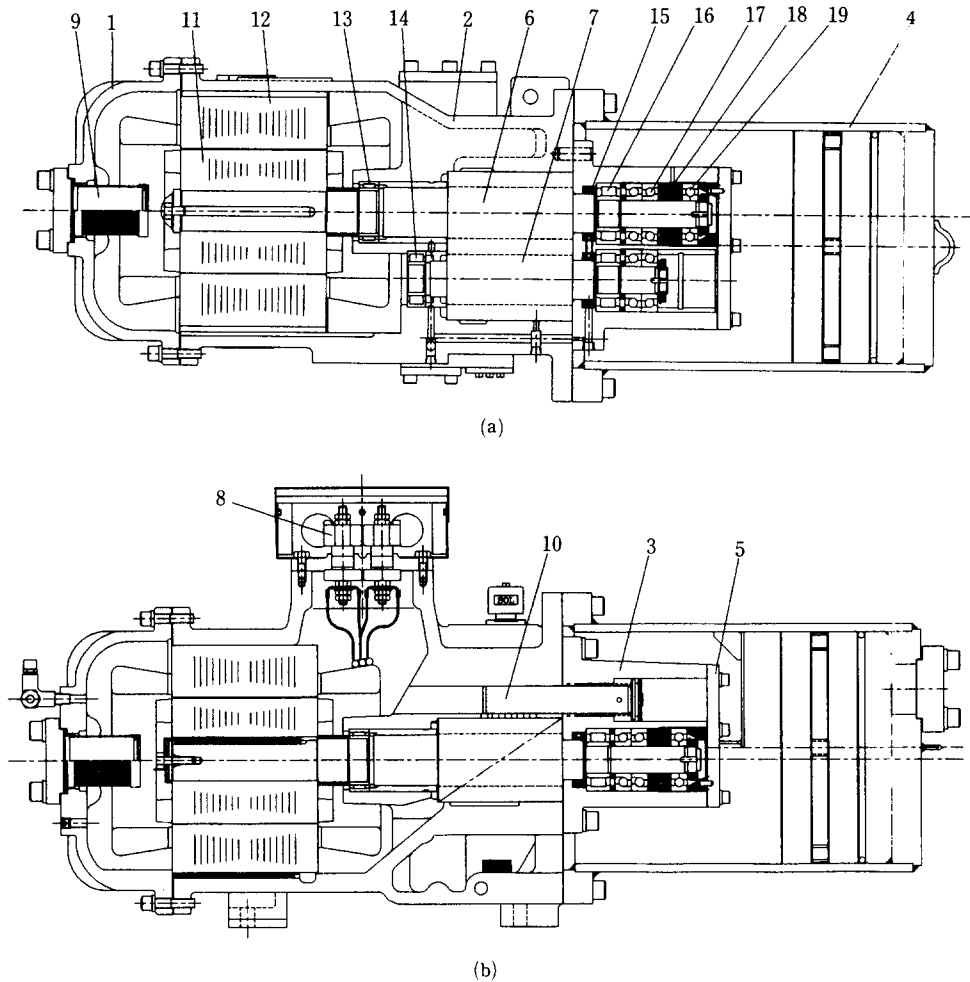


그림 2 반밀폐형 스크류 압축기;

1: Motor Cover, 2: Rotor Casing, 3: Outlet Casing, 4: Oil Separator, 5: Bearing Cover, 6: Male Rotor, 7: Female Rotor, 8: Plug Assembly, 9: Gas Strainer, 10: Unload Piston, 11: Motor Rotor, 12: Motor Stator, 13: Needle Roller Bearing, 14: Cylindrical Roller Bearing, 15: Floating Bushing, 16: Cylindrical Roller Bearing, 17: Angular Contact Ball Bearing, 18: Balancing Piston, 19: Four Point Contact Ball Bearing.

압축기에 비하여 약 1/4에 불과한 정도이며 따라서 스크류 압축기는 제품의 신뢰성이 높을 뿐만 아니라 점검이 비교적 쉬운 압축기로 알려져 있다.

스크류 압축기는 그림 3에서 보는 바와 같이 로터의 회전에 의해 압축이 이루어지며 행정은 흡입-밀폐-압축-토출로 4행정으로 되

어진다. 그림과 같이 운전중에는 항상 로터가 토출측에서 흡입측으로 힘을 받고 있으므로 토출측 고압측에는 하중을 잡아주는 베어링이 설치되어 있다. 스크류 압축기의 로터 이빨형태는 압축기의 효율에 지대한 영향을 미친다. 대표적인 이빨형태는 그림 4에 나타내었다. 초기의 로터는 (a)에서 보는 바와

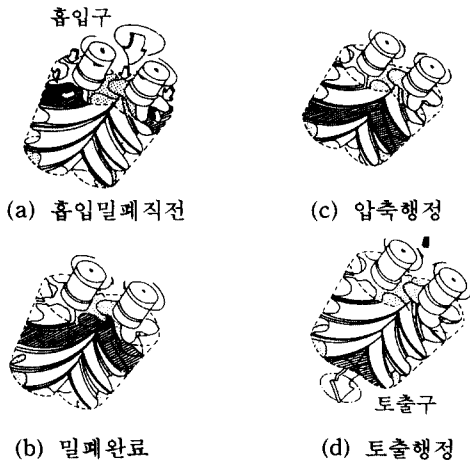


그림 3 스크류 압축기의 원리

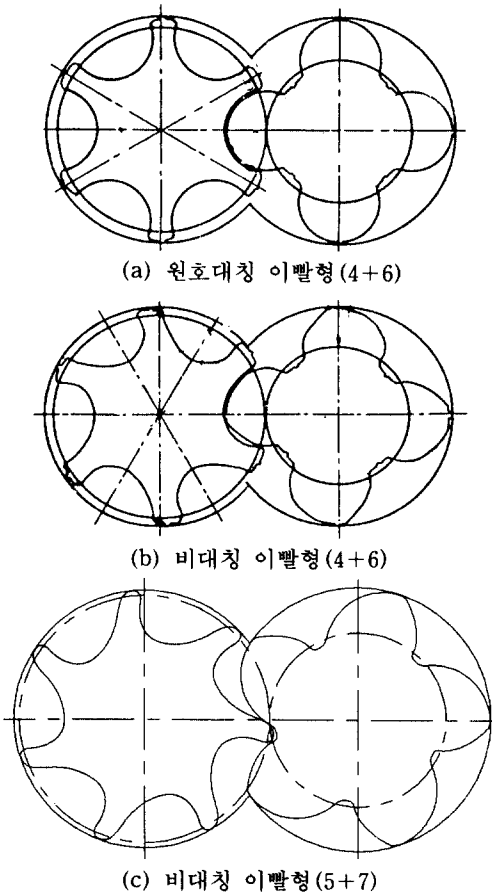


그림 4 스크류 압축기의 이빨형태

같이 4+6 대칭형이었으나 현재는 (b)에서와 같이 4+6 비대칭형이 주류를 이루고 있고, 기술발전 에 따라 (c)형태와 같이 고효율화를 이루면서 속속 개발되어지고 있다. 스크류 압축기의 이론토출량( $V_{th}$ )은 다음식으로 구해진다.

$$V_{th} = C \times D^2 \times L \times N \quad (1)$$

여기서,  $D$ 는 로터 직경,  $L$ 은 로터 길이,  $N$ 은 로터 회전수,  $C$ 는 로터의 기하학적인 상수를 나타낸다.

#### 4. 스크류 냉동기의 운할

스크류 냉동기에서 가장 중요한 부분중에 하나가 오일 공급장치인데 대형에서는 오일 펌프에 의해 오일을 압송하나, 소형 기종에서는 진보된 기술을 이용해 고압과 저압의 압력차를 이용하여 오일펌프 없이 각 부분에 오일을 공급하는 시스템을 많이 이용한다.

또한 스크류 압축기의 압축열을 제거하기 위해 다량의 오일을 로터 사이에 분사하므로 압축기 토출측에는 반드시 유분리기를 설치하여야 한다. 경우에 따라서 직렬로 2단, 3단으로 설치하는 경우가 있다. 근래에 와서는 소형화를 하기 위해서 유분리기를 내장한 압축기가 개발되어 시판되고 있다.

#### 5. 스크류 냉동기의 국내외 기술현황

앞에서 설명한 것과 같이 스크류 냉동기의 장점은 많으나 수요가 많지 않은 것은 첫째 수입품 압축기를 사용하여 고가이고, 둘째 고속회전에 의해 소음이 크고, 셋째 기기를 운전하는 기술자들이 왕복동식에 익숙해져 있기 때문이다.

그러나 스크류 압축기가 국산화되고, 스크류의 고속회전에 의해 발생하는 고주파 소음은 2중 케이싱에 의해 약 75dB(A)까지 떨어져 왕복동식보다 소음이 낮고, 또한 스크류

표 2 각사별 스크류 압축기의 비교표

냉동기제작사	K-C사		H-M사	S-J사	S-G사	L사		A-J사
압축기 제작사	국산, K-C사	스웨덴, S사	일본, M사	일본, H사	일본, K사	네덜란드, G사	영국, V사	영국, A사
1. 생산기종(토출량: m <sup>3</sup> /h) · 1단 반밀폐형 · 기 종 · 법정 냉동본	132.7~245.7 4기종 (15.3~29.02)			165.6~331.2 3기종 (19.48~29.6)				
· 1단 개방형 · 기 종 · 법정 냉동본	132.7~245.7 4기종 (15.3~29.02)	245~6895 12기종 (28.8~873)	93.1~5660 11기종 (11.0~716)		115.32~354.4 4기종 (13.57~41.69)	364~5851 12기종	676~6380 14기종	373~5966 91기종
· 2단 반밀폐형 · 기 종 · 법정 냉동본	고단속64~123 저단속172~336 4기종 (9.14~17.63)			고단속 42.7~139.1 저단속 90.2~355.1 4기종 (5.87~19.71)				
· 2단 개방형 · 기 종 · 법정 냉동본	고단속64~123 저단속172~336 4기종 (9.14~17.63)		고단속 163~496 저단속 442~1450 5기종 (35.4~73.0)		고단속 45.03~169.89 저단속6.19~24.67 5기종			
· CVR: Constant Volume Ratio · VVR: Variable Volume Ratio	CVR형	VVR(소형)or CVR(대형)	CVR	CVR	CVR		MONO SCREW	MONO SCREW
· PROFILE (비대칭형)	5+7	5+6 or 4+6	4+6	4+6	4+6 or 5+6			
	대용량은 여러가지 조합하여 사용							

냉동기의 보급이 늘어남으로써 인식도 바뀌어가고 있으므로 보급이 한층 가속화될 전망이다. 표 2에는 같이 스크류 냉동기의 각 사별 제작범위 및 주요특징을 나열했는데 스웨덴의 S사의 경우 93년형 신형 스크류를 상품화한다고 발표를 했다. 주요특징은 대형이면서 VVR을 적용하여 효율을 높혔고, 2중케이싱을 사용하여 소음을 대폭 낮추었다. 일본의 M사의 경우 30HP급으로 2단 압축기를 상품화하였는데 유분리기 일체형, 과냉각기를 브레이징형 판열교환기를 사용하였고 수냉각식 모터를 사용하여 소형화를 이루었다. 국내에서는 5개 회사가 스크류 냉동기를 제작하고 있으나 자체 생산된 압축기를 사용하는 회사는 현재 K사 한 곳 뿐이다. 이외의 회사에서는 압축기를 수입하여 사용하고 있는 실정이다.

### 6. 맺음말

국내에서도 여러 회사가 스크류 냉동기를 제작하지만 대부분 일본계 압축기를 수입하고 열교환기를 자체 제작하여 조립하던 것이 근래에 와서는 몇몇 회사에서 스크류 압축기를 제작하고자 노력하고 있어 매우 고무적이다. 그러나 보다 고효율의 로터를 개발할 수 있는 기술은 아직 미흡한 실정이므로 기초분야 투자가 집중적으로 이루어지고, 산업체, 학계 정부가 일심단결하여 개발에 나서면 고효율 로터 개선도 곧 이루어 지리라 예견된다. 고효율, 신기술만이 경쟁에서 살아남 수 있다는 각오로 보다 편리하고, 효율적이고, 보다 신뢰성 있는 제품을 수요자에게 공급한다는 각오로 모두 열심히 하면 외국 제품보다 우수한 냉동기를 만들 수 있을 것이다.