

# 스크루 냉매압축기의 개발동향

중·대형 냉동·공조시스템에 사용되고 있는 증기압축기식 냉매압축기 중 왕복동 압축기를 대체하고 있는 새로운 압축기구를 가진 스크루 압축기의 국내외 개발동향에 대하여 소개 하고자 한다.

신정관, 김경훈

## 머리말

유체기계의 응용분야는 가스터빈 엔진과 같은 동력 기관으로부터 컴퓨터 부품냉각을 위한 소형 팬에 이르기까지 그 범위가 매우 넓고 종류가 다양하다. 이 중에서 압축기 역시 매우 다양한 응용분야를 가지며 요구되는 기술도 여러 분야에 걸쳐 있다.

산업이 발달되고 생활이 윤택해짐과 더불어 냉동·공조산업 분야에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되어 오고 있다. 이러한 냉동·공조산업의 냉동·공조시스템에는 사용조건에 따라 다양한 냉매압축기가 적용되고 있는 실정이다.

이러한 냉매압축기에는 열역학적 특성, 안전성, 윤택함과 호환성 등이 양호한 CFC 냉매를 널리 사용되어 왔으나, CFC 냉매내의 염소(CI)가 오존과 반응하여 오존층을 파괴한다는 사실이 알려지면서 오존층 보호 문제가 전세계적으로 큰 이슈가 되었다. 또한 세계 여러 곳에서 나타나는 이상기류와 생태계 파괴가 염화불화탄소 등의 사용에 의한 요인과 가스의 온실 효과에 의한 것임이 밝혀지면서 지구온난화 역시 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 이로 인해 오존층을 보호하기 위한 조치들이 강구되면서 CFC 냉매의 사용이 어렵게 되어 대체냉매인 HCFC 냉매를 사용하는 냉매압축기를 개발하여 판매하고 있지만 HCFC 냉매 또한 염소를 함유하므로 오존층을 파괴할 수 있기 때문에 규제 대상 냉매로 분류되어 선진국의 경우 2020년, 개도국인 경우 2040년까지만 생산이 허용

되어 시급히 염소가 전혀 함유되어 있지 않는 HFC 냉매용 압축기의 연구 및 개발이 요구되었다. 현재 미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서는 HFC를 사용하는 냉매압축기를 개발하여 제품으로 이미 판매하고 있는 실정이나, 최근에는 우리나라에서도 HFC 냉매를 사용하는 냉매압축기에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있지만 아직은 미흡한 상태이다.

본 논고에서는 왕복동 압축기를 대체해 가고 있는 스크루 냉매압축기의 국·내외 개발동향과 국내에서 생산하는 냉매압축기 제품설명 및 향후 추진방향에 대해 기술하고자 한다.

## 국내·외 개발동향

지금까지 중형 냉동·공조시스템에 사용되어온 왕복동식 냉매압축기를 저소음·저진동 및 고효율의 장점을 가진 스크루 냉매압축기가 점진적으로 대체해 오고 있다. 가장 최신 기술을 적용한 스크루 냉매압축기의 국내·외 개발동향에 대해서 간략히 기술하고자 한다.

## 국외동향

스크루압축기의 원리는 1878년 독일의 Krigar에 의해 발명되었으나 실용화되지 못하였고 1934년 스웨덴의 A. Lysholm에 의해 공기압축기로서 개발되었다. A. Lysholm은 스웨덴의 SRM(Svenska Rotor maskiner)사의 전신인 Ljunstroms Angsturbin사의

신정관 톨텍(주)기술연구소(jkshin@ecentury.co.kr)

김경훈 경희대학교 산업기계시스템공학부(kimkh@khu.ac.kr)

## 신기술소개

사장으로 스크루압축기의 개발에 종사하며 그 기초를 확립하고 그 노하우를 특허로 공개하였다.

현재 SRM사는 스크루압축기에 관한 다수의 특허권을 전세계적으로 보유하고 있다. 일본에서는 1955년 SRM사로부터 기술을 도입하여 1956년경부터 무급유식 가스압축기의 생산을 시작하여 1966년경부터 냉동용으로 사용되기 시작했다. 오늘날의 스크루 냉매압축기는 일반적으로 급유식 스크루압축기로 만들어지고 있으며, 복식 스크루형과 단식스크루형의 2가지 종류가 있으나 복식 스크루형의 압축기가 냉동공조용에 많이 사용되어 진다.

냉동공조용으로 사용되는 스크루 냉매압축기의 대표적인 회사로 미국에서는 York, Trane, Carlye, Hartford(Dunham-Bush), 독일에서는 Bitzer, Grasso(GRA Group), 덴마크에서는 York Refrigeration(Sabroe 전신), Gram(York), 영국에서는 Howden(Carrier), 이태리에서는 Refcomp, Frascold, Dorin, 일본에서는 Hitachi, Mycom, Ebara, 대만에서는 Fu Sheng, Hanbell, 한국에서는 R사로 크게 구성되어 있다.

Hitachi사는 에어컨/열펌프 제품에 사용되는 30~75 kW급의 반밀폐형 스크루 냉매압축기 생산(약 1만대/년)하고 있으며, 미국과 유럽등에 대량으로 판매하고 있고 1999년 부터 중국에 스크루 냉동기 조립라인을 신설하여 양산하고 있다.(R-22, R-407C, R-134a, R-404A용)

Bitzer는 상업냉장고 분야에서 에어컨 분야까지 제품을 확대시키고 있으며 철도용으로 완전 밀폐형 압축기를 상품화 하였다.

〈표 1〉 업체별 적용냉매 및 사용온도범위

항목 \ 업체	Hitachi	Bitzer	RefComp.	Frascold
적용 냉매	R22, R134a, R407C	R22, R134a, R407C, R404A	R22, R134a, R407C	R22, R134a, R407C
사용온도범위	-15~10℃	-15~12.5℃	-16~10℃	-15~12.5℃
냉동기유	POE			
전체 모델수	4	5	9	8

표 1에는 복식 스크루형 1단 냉매압축기를 생산하고 있는 업체별 적용냉매 및 사용온도 범위를 나타내었다.

단식스크루형은 영국의 J&E Hall(APV의 전신), 미국의 McQuay와 Vilter, 일본의 Daikin과 Mitsubishi Electric(Melco) 등으로 구성된 그룹에서 생산하고 있다. Daikin사는 유럽에서 높은 비율을 가지고 있는 40~150 Hp의 압축기를 생산할 수 있는 설비를 갖추고 있으며, Melco사는 350 kW급까지의 반밀폐형 압축기 및 유일하게 2단 Single 스크루 압축기를 생산할 수 있다.

McQuay사는 수냉식과 공랭식용 압축기를 생산하고 있으며, HFC-410A 압축기 시스템을 성공적으로 개발하였다.

### 국내동향

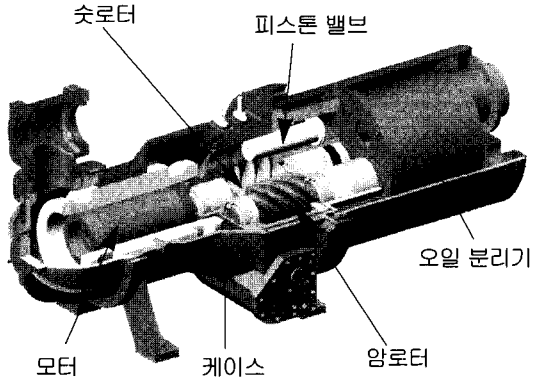
국내에서 스크루 냉매압축기를 생산 및 판매하고 있는 R사는 냉동공조기기산업의 선두주자인 C사의 압축기 사업부로부터 분사하여 국내 최초 냉매압축기 전문회사를 설립하였으며, R사에서 생산하는 스크루 냉매압축기는 1단 반밀폐형 압축기(22~100 kW급 : 7기종), 1단 개방형 압축기(22~45 kW급 : 4기종), 2단 반밀폐형 압축기(22~kW급 : 4기종) 및 2단 개방형 압축기(22~45 kW급 : 4기종)이다.

### 스크루 압축기의 구조, 특징 및 적용분야

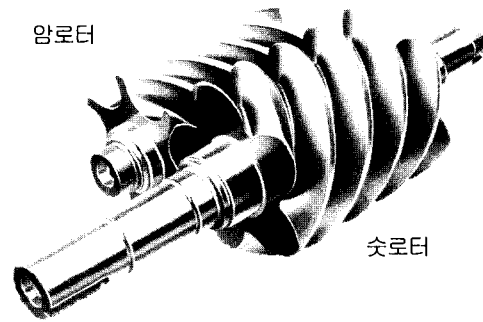
#### 스크루 압축기의 구조

스크루 냉매압축기는 여러 가지 형태가 있기 때문에 지면 관계상 일반적으로 냉동·공조산업에 가장 많이 적용되고 있고 국내에서 생산되는 1단 스크루 냉매압축기의 구조에 대해 간략히 설명하고자 한다.

1단 반밀폐형 스크루 냉매압축기의 구조는 그림 1과 같이 내부에 압축기구인 스크루 로터(숫로터+암로터), 이종의 오일분리 장치가 내장된 오일분리기와 고신뢰성의 2극 전동기, 그리고 스크루 로터를 지지하는 고정밀의 볼러베어링과 볼베어링으로 구성되어 있다.



[그림 1] 스크루 냉매압축기 내부 단면도



[그림 2] 스크루 로터 치형

또한 스크루 로터는 스토터(male rotor)와 암로터(female rotor)가 맞물려져 있는 상태로 로터 케이싱 내에 위치하며 각각의 로터의 양측은 베어링으로 지지된다. 스토터 상부에는 용량 제어용 피스톤 밸브가 설치되어 있어 용량 조절기의 신호에 의해서 용량이 조절된다.

압축기 내부에 장착된 전동기의 회전자는 스토터와 직결로 연결되어 있으며 50 Hz 전원에서 2,880 rpm으로 회전하며, 60 Hz 전원에서는 3,470 rpm으로 회전한다. 압축기의 주 소음 원인인 스토터에서 발생하는 고주파수대의 소음을 대폭 감소시키기 위하여 로터 케이싱을 이중화시킨 구조이다.

1단 반밀폐형 스크루 압축기는 종래의 개방형 스크루 압축기에서 필요한 오일냉각기, 오일분리기, 오일 펌프 등의 보조기들이 필요없으며, 왕복동식 압축기와 같은 냉동사이클을 구성할 수 있도록 콤팩트하게 유닛화된 구조이다.

**스크루 압축기의 특징**

스크루 냉매압축기의 일반적인 특징을 열거하면 다음과 같다.

- 체적효율 및 압축효율이 높기 때문에 고성능으로 경제적이다. 종래의 타압축기에 비해 큰 압축비에서도 고성능의 치형에 힘입어 높은 체적효율을 유지하며 또한 내부로의 오일분사작용으로 토출가스의 온

도가 낮기 때문에 높은 압축비에서도 다단 압축이 가능하다. 또한 치형의 개선으로 로터의 회전에 따른 암로터와 스토터간의 접촉은 선접촉이 아닌 점접촉에 의해 이루어져 접촉에 따른 마찰손실 최소화와 오일의 실링작용 등으로 인하여 축동력을 결정하는 압축효율은 높으며 타형식의 압축기에 비해 경제적인 운전이 가능하다. 그림 2에 스크루 압축기의 핵심기구인 스크루 로터 치형을 나타내었다.

- 습동부분이 적어 구조가 단순하고 고장이 적다. 스크루 압축기의 주된 습동부분은 베어링, 로터축 및 로터들과 케이싱과의 틈새에서의 윤활유의 이동등으로 압축기구 및 압축가스의 통로내에서는 마모에 따른 성능의 저하는 거의 없다. 특히 로터들의 수명은 로터 및 케이싱의 틈새에 오일이 공급되어 유막이 형성되어 회전하며 압축시 발생하는 가스력에 의한 로터의 휨은 설계초기에 최대 부하조건에서도 충분한 강도가 유지되도록 고려되어져 있으므로 거의 무시되어 손상없이 거의 반영구적이다. 그리고 스크루 압축기는 흡입 및 토출 밸브 등 없기 때문에 밸브에 의한 마모등으로 인한 파손은 거의 없으며 부품수 또한 왕복동식 압축기에 비해 1/3 정도로 매우 적다.

- 부하조건에 따른 용량제어범위가 넓고 제어특성이 우수하다. 용량제어를 연속제어 및 단계제어로 할 수 있으며 연속제어방법을 채택할 경우 부하조건에 따른 비례제어로서 동력의 손실을 최소화할 수 있

다. 용량조절방식에는 슬라이딩 밸브 방식, 슬롯과 피스톤 밸브 방식, Vi-Lift 밸브 방식 및 흡입교축 밸브방식 등이 있다. 스크루 끝단부에 용량조절용 슬라이딩 밸브를 설치하여 압축행정을 변화시킴으로서 압축기의 용량을 100~10% 까지 연속적으로 제어가능하며 동력을 절약할 수 있다. 특히 정기시에는 자동적으로 최소부하상태로 되기 때문에 기동토크가 매우 적어 원활한 기동을 할 수 있다.

- 소음이 적고 압축통로내에 맥동 및 진동이 거의 없다. 스크루 압축기는 두개의 로터들이 서로 맞물려 회전하는 용적형 압축기로 고속회전에 따른 가스의 흐름에 대한 맥동이나 불균일한 압축은 거의 일어나지 않는다. 또한 로터 표면에 유막을 형성하면서 회전하므로 왕복동식 압축기의 실린더내에서와 같은 진동은 발생하지 않는다.

스크루 방식에서 발생하는 주소음원은 구동로터인 슛로터로서 고속회전에 따른 고주파수에 해당되는 소음으로 이는 2중벽 구조의 케이싱으로써 쉽게 감소시킬수 있는 것으로 최근 이러한 구조의 압축기가 많이 보급되고 있다.

- 운전이 안정적이며 보수가 용이하다. 스크루 압축기는 용적형이므로 회전수의 변화에 의하여 운전압력이 변화하여도 압축효율은 큰 변화가 일어나지 않는다. 또한 압축기구는 구조가 단순하여 슛로터, 암로터와 케이싱류로 구성되어 매우 단순하며 축수부, 용량조절장치 등으로 구성되어 구조가 간단하므로 보수가 용이하다.

- 소형 경량이며 대용량에 대해서도 공유면적이

적다. 스크루 압축기는 구성이 간단하고 부품수가 적고 고속회전으로 로터 크기를 적게 할 수 있기 때문에 동일 용량을 가진 기존의 압축기에 비하여 훨씬 가볍고 소형이다.

- 설치비용이 매우 경제적이다. 스크루 압축기가 가동중에도 저소음이고 진동이 거의 없기 때문에 특별한 기초공사가 필요없으며 소음을 차단하기 위한 별도의 벽체 등의 설치에 따른 비용이 필요없고 설치가 신속하고 간단하여 경제적이다.

스크루 냉매압축기와 왕복동식 냉매압축기의 특성을 비교하면 표 2와 같다.

**적용분야**

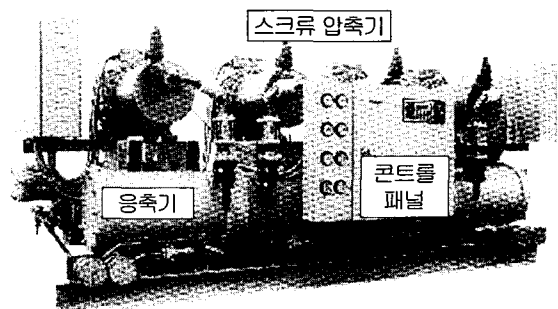
1단 스크루 냉매압축기는 냉동·공조시스템의 스크루 냉동기, 브라인 쿨러, 냉방기, 열 펌프, 컨덴싱 유닛 및 저온냉동장치 등에 적용할 수 있다. 그리고 2단 스크루 냉매압축기는 냉동·공조시스템의 저온냉동창고(농수, 축산물의 냉동, 냉장장치), 급속 냉동 장치 및 진공동결건조장치 등에 적용할 수 있다. 그림 3은 1단 스크루 냉매압축기를 적용한 스크루 냉동기를 그 적용 예로써 나타내었다.

**맺음말**

산업이 발달되고 생활이 윤택해짐과 더불어 냉동공조산업 및 일반산업의 냉동공조분야에 적용되는 스크루

<표 2> 스크루-왕복동식 압축기 특성 비교표


압축방식	스크루식	왕복동식
운전토출온도	낮음(70~90℃)	높음(120~180℃)
용량제어	연속·단계제어	단계제어
기계적적속동부	거의 없다	많다
작동변	없다	흡입변, 토출변
진동	거의 없다	불규칙 진동
부품수	적다	많다



[그림 3] 스크루 냉동기

루 냉매압축기에 대한 국내·외적으로 그 수요가 증가할 것으로 예상되지만 대체냉매적용 냉매압축기 관련한 국내의 연구개발 활동은 상대적으로 미약한 실정이다. 따라서 냉매압축기 및 전동기의 고효율화 및 대체냉매적용에 대한 연구개발에 한층 더 박차를 가해야 할 것으로 판단된다.

또한 환경친화적인 냉매적용, 효율개선 및 경제성

을 고려한 스크루 냉매압축기의 지속적인 연구개발을 통하여 설계기술의 국산화를 이룩하여 제품의 부가치를 높이는데 전력을 다해야 할 것이며, 국내 산학연의 기술체계를 강화하고 압축방식별 국내 표준화 및 기준을 정립하여 국내의 수준을 한층 높여야 할 것으로 사료된다. 

## 2001년도 동계학술발표대회 및 정기총회 안내

회원 여러분의 건승하심을 기원합니다.

우리 학회 2001년도 정기총회 및 동계학술발표대회(논문발표 및 학술강연회)를 11월 27일(화)에 한국과학기술사관 지하 1층 회의실에서 개최합니다.

우리 학회는 산, 학, 연을 연결시키는 중재자의 역할을 함과 동시에 학술발표대회(하계, 동계), 부문별 학술강연회, 강습회 등을 통하여 정보교류 및 친목을 도모할 수 있는 장을 마련하고 있습니다.

금번 동계학술발표대회에는 150여 편의 논문 및 학술강연을 발표하며, 전시회 공간도 마련하였습니다.

많은 회원이 참석하시어 자리를 빛내주시기 바라며, 회원 상호간에 많은 정보를 교류하시기 바랍니다.

※자세한 일정은 추후에 홈페이지(<http://www.sarek.or.kr>)의 공지사항을 통해 안내하겠습니다.