

공조용 스크롤 압축기

이건호*

1. 서 론

스크롤 압축기의 개념은 프랑스의 Leon Creux에 의해 개발되어 1905년 미국에서 특허를 취득하였으나 실용화가 이루어진 것은 초정밀 가공기술 및 가스누설 방지기술의 적용이 가능해진 1980년대에 들어와서이다. 1981년에 Sanden이 자동차 에어컨용 냉매압축기로, 1983년 Hitachi가 거주형 에어컨용 냉매압축기로 각각 스크롤 압축기를 개발하여 처음으로 실용화에 성공한 이후, 많은 제조업체들이 생겨났다. 스크롤 압축기는 타압축기에 비하여 고효율, 저소음, 저진동 및 경량 등의 장점을 가지고 있으며, 특히 인버터를 장착하였을 때의 적합성 및 압축기내에 액냉매나 이물질이 주입되었을 때 과압을 자동으로 방지할 수 있는 구조상의 특징을 가지고 있다. 이러한 장점으로 인하여 현재 스크롤 압축기의 사용범위는 그림 1에서 보여지는 바와 같이 냉방능력이 2 ton에서 20 ton까지로 확장되었으며, 이는 거주형 에어컨 뿐만 아니라 룸에어컨과 영업용 에어컨에도 적용이 가능하다. 따라서 스크롤 압축기의 시장규모는 그림 2에서 보여지는 바와 같이 1996년에 382만대에서 올해에 725만대로 증가한데 이어 2000년에는 1245만대로 급격한 성장이 예상된다. 국내외적으로 스크롤 압축기에 대한 연구는 매우 활발히 일어나고 있으며, 미국(Purdue Univ.)⁽¹⁾과 중국(Jiaotong Univ.)⁽²⁾의 압축기 관련회의에서는 격

년제로 많은 연구논문이 발표되고 있다. 또한, 최근에는 스크롤 압축기와 관련된 연구보고서^(3,4,5) 및 박사학위논문^(6,7,8,9,10)들이 나오고 있다.

본고에서는 스크롤 압축기의 구조 및 원리와 누설방지 기술에 대하여 간단히 요약하고 스크롤 압축기의 국외 기술동향 및 제품소개와 국내 현황들에 관하여 서술하고자 한다.

2. 스크롤 압축기의 구조 및 압축원리

그림 3은 Copeland의 3마력급 스크롤 압축기의 내부구조를 보여주고 있다. 스크롤 압축기의 주요 구성품은 고정스크롤, 선회스크롤, 올드햄커플링(oldham coupling ring), 크랭크축, 메인프레임(main frame) 및 모터 등이다. 크랭크축은 하나의 원기둥 위에 이보다 직경과 길이가 작은 원기둥이 얹혀 있는 형태이고, 작은 원기둥의 중심선은 큰 원기둥의 중심선에 대해 편심되어져 있다. 선회스크롤은 크랭크축의 작은 원기둥에 연결되어 있으며, 모터에 의하여 크랭크축이 회전하게 되면, 선회스크롤은 크랭크축 중심에 대해 선회운동을 행하게 된다. 이때 선회스크롤의 자전을 막기 위해 선회스크롤 후면에는 올드햄 커플링이 설치되어져 있다.

또한, 고정스크롤은 선회스크롤 위에 포개어지며, 프레임에 의해 고정된다. 이때 고정스크롤의 인벌류트 곡선은 선회스크롤의 인벌류트 곡선과 180°의 위상차를 가지며, 이로 인하여 스크롤 내부에는 초승달 모양의 밀폐공간이 여러 개 존재하게 된다.

* 두원공과대학 열병동과

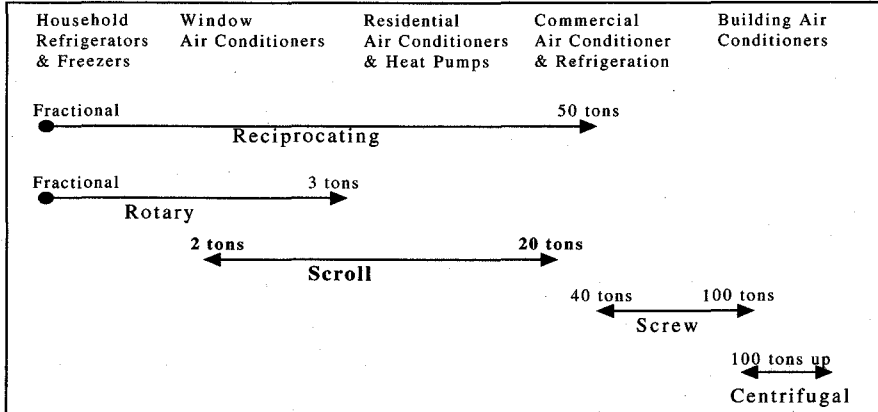


Fig. 1 Range of applications of compressor on refrigerating capacity

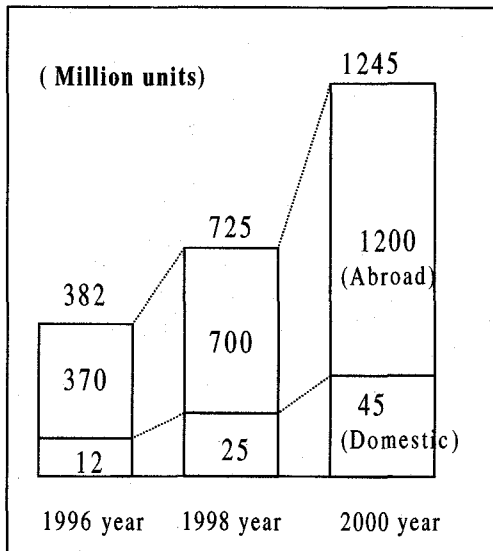


Fig. 2 World markets of scroll compressor

고정스크롤의 원주에 위치한 흡입구를 통하여 가스는 스크롤 내로 들어가며, 들어간 가스는 스크롤들에 의해 형성된 맨 바깥쪽 공간으로 유입된다. 선회스크롤이 1회전 선회하게 되면, 맨 바깥쪽 공간은 두 스크롤에 의해 완전히 밀폐되고, 계속하여 선회스크롤이 선회하면 밀폐공간은 스크롤의 중심을 향하여 이동하게 되어서, 이때 밀

폐공간의 체적은 적어지고 가스는 압축된다. 압축된 가스는 밀폐공간이 고정스크롤의 중앙에 위치한 토출구와 만나게 되면 토출실로 토출된다.

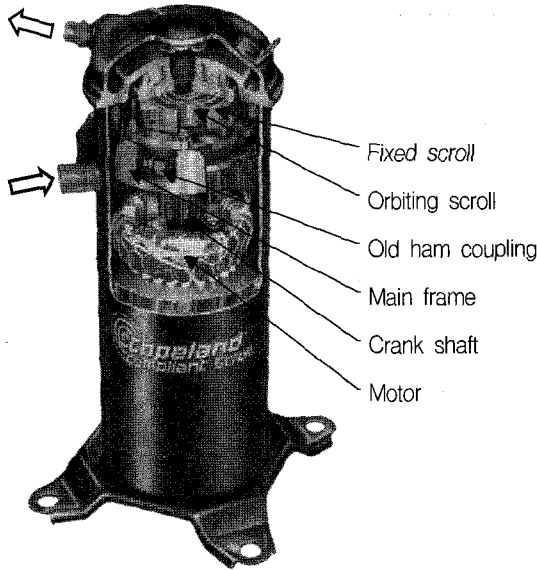
이러한 스크롤 압축기는 압축된 가스가 다시 흡입구와 만나지 않으므로 재팽창체적이 존재하지 않기 때문에 압축기 효율이 높다. 또한, 밸브가 없고 연속적으로 압축가스를 토출함으로 소음 및 진동이 적다.

3. 스크롤 압축기의 누설방지 기술

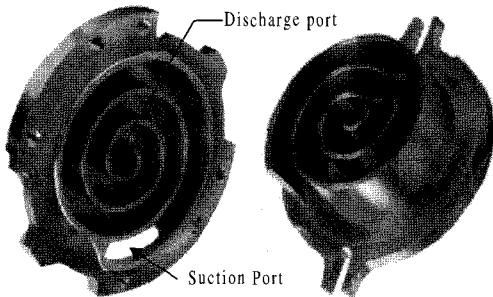
스크롤 압축기의 성능에 결정적인 영향을 주는 인자는 압축실내의 가스누설이며, 이러한 누설은 크게 축방향 간극(axial clearance or tip clearance)을 통해 일어나는 반경방향 누설(tip leakage radial leakage)과 반경방향 간극(radial clearance or flank clearance)을 통해 일어나는 접선방향 누설(tangential leakage)로 구분된다.

3.1. 반경방향 누설방지 방법

스크롤 압축기는 반경방향 누설을 방지하기 위하여 축방향 compliance를 채택하고 있으며, 다음과 같이 방법이 사용되고 있다.



(a) 3HP Scroll compressor of Copeland



(b) Fixed scroll (c) Orbiting scroll

Fig. 3 Scroll compressor and scroll shape

3.1.1. 팁실(Tip seal)

스크롤의 윗면에 가늘고 긴 홈을 만들어 이곳에 테프론계의 밀봉재질을 삽입하는 방법으로 그 구조가 간단하고 일반적인 가공오차로도 제작이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 가늘고 긴 홈은 보편적으로 앤드밀링(end milling)으로 가공되며, 이러한 공정은 긴 시간을 요구하고 작은 공구의 사용을 요구한다. 또한, 스크롤의

두께가 밀봉재질을 수용할 수 있도록 커져야 함으로 스크롤의 크기 및 무게 그리고 이에 따른 베어링 하중 등에 영향을 주어 제조단가가 높아질 수도 있다.

3.1.2. 배압실(back pressure chamber)

스크롤 후면에 배압실을 설치하여 가스압으로 스크롤간의 간극을 좁게 유지시키는 방법이다. 일반적으로 스크롤 팁(tip)과 경판 간의 간극은 $10\mu\text{m}$ 이내이다. 이 경우 스크롤 팁형상이 간단하고 스크롤 크기 및 무게 면에서는 팁실보다 좋지만 스크롤 높이 가공시 매우 정밀한 정확도가 필요하고, 배압실 내의 밀봉기술 또한 요구되는 단점이 있다. 배압실 내의 가스는 토출가스를 이용하거나 압축실과의 통로를 설치하여 중간압을 사용할 수 있다. Hitachi는 선회스크롤 후면에 배압실을 설치하여 선회스크롤을 고정스크롤에 밀어 붙이는 방법을 사용하였다. 이때 선회스크롤에 작용하는 전복모멘트를 상쇄시키기 위해서는 배압실내에 추력을 크게 하여야 함으로 필요 이상의 팁부하(tip loading)로 인해 마찰손실이 증가될 수 있다. 그리고 Copeland는 고정스크롤 후면에 배압실을 두고, 고정스크롤을 리프스프링으로 지지하여 고정스크롤이 축방향으로만 움직이도록 설계하였다.

3.2. 접선방향 누설방지 방법

접선방향 누설을 방지하기 위한 밀봉구조는 고정반경과 가변반경 크랭크기구로 분류된다. 고정반경 크랭크기구는 정밀한 가공기술과 정확한 조립기술에 의해 스크롤 플랭크간의 틈새가 허용 공차 이내가 되도록 스크롤들을 조합하여 누설을 방지하는 방법이다. 이때 스크롤 내로 액냉매 및 고체오염물질이 들어오면, 스크롤이 심각하게 손상될 수 있으므로 1마력급의 비교적 소형스크롤 압축기에 적용되고 있다. 가변반경 크랭크기구는 반경방향 compliance로서 슬라이드 부싱(slide bushing), 편심부싱(eccentric bushing) 및 슬라이

Table 1 Manufactures of scroll compressor for air conditioner

	Company	Address / Telephone number	Productions	Remarks
U. S. A.	Copeland	1675 West Campbell Road, P.O. Box 669, Sidney, Ohio 45365, U.S.A. / 1-937-498-3011	1.5-26 HP	1.5 million units/year
		P.O. Box 1152, 701 E. Highway 32, Lebanon, Missouri 65536, U.S.A. / 1-417-588-8600		2 million units/year
		Alliance Compressor, 100 Industrial Drive, Natchitoches, Louisiana 71457, U.S.A. / 1-318-356-4500		Begin in 1998 Copeland 51%, Trane 24.5%, Lennox 24.5%
	Carlyle-Carrier	Carlyle Compressor, P.O. Box 4803, Syracuse, New York 13221, U.S.A. / 1-315-432-6237	3-9 HP	Begin in 1992 Joined the Bristol in 1995
	Trane	La Crosse, Wisconsin, U.S.A.	5-15 HP	Installation in own air conditioners
	Tecumseh	100 East Patterson Tecumseh, Michigan 49286 U.S.A. / 1-517-423-8411	4-6 HP	Begin in 1997
J a p a n	Hitachi	800 Tomita, Ohira-machi, Shimotsuga-gun, Tochigi-Ken, 329-44 Japan / 81-282-43-1111	A* : 2-12 HP B** : 1-5 HP	Begin in 1983
	Matsushita	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. Central P.O.Box 288, Osaka 530-91, Japan / 81-6-282-5475	B** : 1-5 HP	500,000 units/year 1 hp class inverter horizontal scroll compressor
	Daikin	Umeda Center Bldg., 4-12 Nakazaki-Nishi 2-chome, Kita-ku, Osaka 530, Japan / 81-6-373-4350	A* : 2.5-10HP B** : 2-4.5HP	Jointed the Trane (Initial : 4-10 HP)
	Toshiba	2-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105, Japan / 81-3-5484-5160	1-10 HP	Twin scroll compressor in 1991
	Sanyo	Sanyo Electric Co., Ltd., 1-1-1, Sakata, Oizumi-machi, Ora-gun, Gunma, Japan / 81-276-61-8097	8-10 HP	Begin in 1989
	Mitsubishi	Mitsubishi Electric Corporation : 2-3 Marunouchi 2-chome, Chiyoda, Tokyo 100, Japan / 81-3-3218-3117	5-10 HP	
Eu ro pe	Maneurop	BP 331 F-01603 Trevoux France / 33-4-74-00-28-29	9-15 HP 6-10 Hp 3.5-6 HP	Begin in 1992 Begin in 1997 Begin in 1998
	Copeland	Rue Des Trois Bourdons, 27B-4840 Welkenraedt, Belgium / 44-635-87-6666	7.5-15 HP	300,000 units/year
A s i a	Copeland	24 Moo 4 Eastern Seaboard, Industrial Estate, Tambol Pluakdaeng, Amphur Pluakdaeng, Rayong, Thailand 21140 / 663-895-4238	1.5-6.75 HP	500,000 units/year
	LG Electronics	76, Seong San Dong, Changwon City, Gyeong Nam, 641-713 Korea / 82-551-69-3862	2.5-4 HP	Begin in 1996 150,000 units in 1998 500,000 units in 2000
	Century	Kyungwon-Century Co., Ltd., 24-1 Dongsanri, Tangjungmyun, Asansi, Chungnam, Korea 336-840 / 82-0418-530-3500	2-6 HP	Begin in 1997 40,000 units in 1998 200,000 units in 2000
	<ul style="list-style-type: none"> - In Malaysia, Hitachi has been producing scroll compressors (100,000 units/year) - In China, Wanbao is furnished the technologies by Hitachi for producing 2-6 hp class scroll compressors in 1994. - In China, Qingang(Xian) will commence scroll production jointly with Daikin. - Copeland plans to install scroll production facility in China in 1998. - In Japan, Zepher is a company formed in 1995 by Zexel and Futaba in order to produce 1 hp class scroll compressors. - In Japan, MHI(Mitsubishi Heavy Industries) released DC inverter-powered 1 hp class scroll compressor in 1994. <p>< A* : Constant speed scroll compressor, B** : Inverter scroll compressor ></p>			

드 블록(slide block) 등의 메카니즘이 이용되고 있으며, 이들 반경방향 compliance는 운전 중에 선회스크롤에 작용하는 원심력을 이용하여 선회스크롤의 플랭크(flank)면을 고정스크롤의 플랭크면으로 압박하여 누설을 방지하는 방법이다.

4. 국외 스크롤 압축기의 제품 및 기술동향

Table 1은 에어컨용 스크롤 압축기의 제조업체 현황 및 생산품을 보여주고 있다. Copeland는 세계 스크롤 시장의 50% 이상을 차지하고 있으며, 1997년 8월까지 천만대의 스크롤 압축기를 생산하였다고 발표하였다. 현재 Copeland는 7개의 스크롤 제조공장을 가지고 있으며, 연간 450만대 이상의 생산능력을 확보하고 있다. 또한 2002년까지 3개 대륙에 총 12개의 스크롤 공장을 가질 계획이다. 일본에는 8개의 스크롤 압축기 제조업체가 있지만 전체 생산능력은 Copeland보다 적다.

대부분의 스크롤 압축기 제조업체에서는 HFC 대체냉매용 압축기 생산을 계획하고 있으며, 그림 4는 대체냉매의 사용범위를 보여주고 있다. 스크롤 압축기가 5마력 이하에서는 R410A, 5마력 이상에서는 R407C를 사용할 예정이고, 저온 냉동기용으로는 R404A가 사용될 것이다.

다음은 스크롤 압축기의 주요제품을 소개한다.

4.1. Compliance 스크롤 압축기

축방향 틈새에 의한 누설과 반경방향 틈새에 의한 누설을 최소화하고 스크롤의 내구성 향상을 위하여 축방향 및 반경방향에 compliance 개념을 도입한 압축기로서 Copeland사에 의해 1987년부터 생산되기 시작하였다. 이 스크롤 압축기의 축방향 compliance는 고정스크롤 후면에 배압실이 설치되어 고정스크롤을 상하로 움직이는 형태이며, 반경방향 compliance는 냉매액 및 불순물의 유입시 스크롤간의 접촉을 막기 위해 슬라이드-부싱(slide-bushing)기구를 사용하고 있다. 그림 3은 Copeland의 Compliance 스크롤 압축기 구조와 스크롤 형상을 보여주고 있다.

Copeland는 고효율을 얻기 위하여 압축기 용량 및 사용용도에 따라 Table 2에서 보여지는 바와 같이 6가지 모델을 개발하였으며, 각각은 최적의 스크롤 형상 및 구조로 되어있다. 또한, 최근에는 스크롤에 구멍을 내어 압축가스를 바이패스 시킴으로서 65%까지 자동적으로 용량제어가 가능한 스크롤 압축기(4 HP에서 6 HP사이의 패키지형)를 98년 11월경에 생산할 계획으로 알려져 있다.

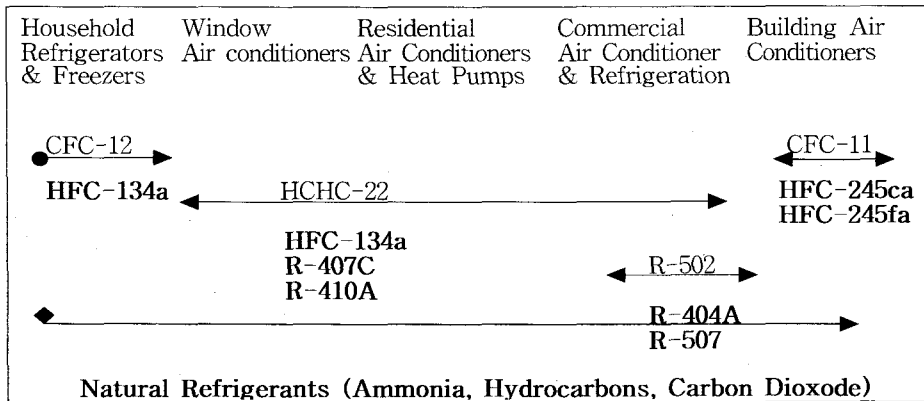


Fig. 4 Range of Applications of Refrigerants

Table 2 Producing scroll compressors in Copeland

Model	Power	EER	Noise	Refrigerants
Star	1.5-2 HP	10.8	64 dBa	R22
Quantum	2.5-4 HP	11.0	68 dBa	R22, R410A
Quest	4-6 HP	11.5	68 dBa	R22
Summit	7-10 HP	11.5	78 dBa	R22, R407C
Specter	7.5-15 HP	11.4	79 dBa	R22, R134a R407C
Tandem	5-26 HP	two-step modulation		

4.2. Twin 스크롤 압축기

Twin 스크롤 압축기는 하나의 케이스 안에 두 개의 스크롤 압축기를 설치한 것으로 1991년 Toshiba에 의해 개발되었으며, 이는 빌딩 등에 사용되는 멀티에어컨용(super multi air conditioner)으로 상품화되었다. 멀티에어컨은 긴 연결관과 높은 압력헤드 등이 필요하므로 많은 냉매 및 냉동기유가 요구되고, 여러 개의 냉각기가 존재함으로써 압축기의 큰 용량변화가 요구된다. Table 3은 멀티에어컨에 사용되는 인버터형 왕복동 압축기와 twin 스크롤 압축기와의 성능을 비교하여 나타내었다.

Table 3 Comparisons of twin scroll compressor with reciprocating inverter compressor for multi A/C

Item	Reciprocating	Twin scroll
Weight	90 kg	79 kg
Allowable amount of refrigerant	100%	250%
Piping length	100 m	120 m
Minimum capacity	23,000 Btu/h	11,900 Btu/h
Variable range	2 - 5.7 HP	1 - 10 HP
Efficiency	100%	112%
Number of indoor units	6 개	8 개

Twin 스크롤 압축기는 최저 운전속도에서도 충분한 냉동기유를 보유할 수 있음으로써 1마력에서 10마력까지 원만하게 가변운전이 가능하여 최대 8개까지 냉각기를 설치할 수 있다. 또한, 하나의 스크롤 압축기는 상용전원을 사용하고 나머지 하나는 인버터형 가변 스크롤 압축기를 사용함으로써 왕복동식 압축기보다 12%의 전력소모를 감소시켰다.

4.3. 1HP급 스크롤 압축기

스크롤 압축기는 스크롤간의 누설때문에 최저 용량이 2마력급으로 간주되었으나 초정밀 가공을 통한 마이크로 단위의 제작으로 말미암아 1989년에 Matsushita는 1마력급 횡형 스크롤 압축기를 개발하였다. 또한, Matsushita는 1992년에 1마력급 평형 인버트 스크롤 압축기를 생산하였다. 이 압축기는 스크롤 압축기의 일반적인 에어컨용 실외 유니트의 무게절감 및 부피를 줄일 수 장을, 저진동 및 저소음 등의 특성 외에도 용적형 오일 펌프를 장착하여 10 Hz와 같은 저속운전에서도 충분한 오일이 공급될 수 있도록 하였으며, 스크롤을 특수 알루미늄 합금으로 제작하여 130 Hz와 같은 고속에서도 마모에 견딜 수 있도록 하였다.

최근에는 Hitachi에서 1마력급 횡형 및 평형 인버터 스크롤 압축기를 생산하고 있으며, 이 압축기는 올드햄 커플링(oldham coupling ring)을 알루미늄으로 제작하여 로타리 압축기보다 소음을 1/4만큼 줄일 수 있었으며, 압축기 회전수는 500 rpm에서 9000 rpm까지 변속이 가능하고, 냉매는 R-22와 R407C에 대해 모두 적용이 가능하도록 제작되었다.

4.4. 저온 냉동기용 스크롤 압축기

저온 냉동기용 스크롤 압축기는 어선용 컨테이너 냉동유닛 등의 저온 냉동기에 냉매 R-22를 사용하면서 1986년에 상품화되기 시작하였다. 이 전까지 컨테이너 냉동유닛에는 R12 및 R502를

사용한 다단 왕복동 압축기가 사용되어 왔다. 스크롤 압축기를 내장한 냉동장치는 다음과 같은 장점을 지닌다.

- a) 왕복동 압축기나 로터리 압축기와는 달리 스크롤 압축기는 톱 크리어런스(top clearance)를 갖지 않기 때문에 고압력비에서도 효율저하가 적다. 따라서 지금까지 2단 압축기를 사용한 저온냉동기에서는 1단 스크롤 압축기를 사용하여 작동온도 범위를 증발온도 -45°C 까지 내릴 수 있었다.
- b) 스크롤 압축기의 압축실내에 액냉매를 분사하는 방법(liduid refrigerant injection)으로 고압비에서도 토출온도의 과다한 상승을 막을 수 있기 때문에 증발온도 -45°C 에서 주로 사용되는 냉매 R502 대신에 R22를 사용할 수 있다.
- c) 따라서 스크롤 압축기는 냉매 R22를 사용하여 증발온도가 -45°C 에서 5°C 까지의 넓은 영역까지 사용할 수 있다.
- d) 또한, 왕복동 압축기에 비해 적은 토크변동과 밸브가 없음으로 인해 소음 및 진동이 매우 적다.

Table 4 는 저온냉동기용 스크롤 압축기의 제조사현황을 보여주고 있다. 최근에 Copeland는 냉동기용에 적합한 Glacier compliance 스크롤 압축기를 개발하였다. 이는 최적화 설계를 통하여 증발온도가 최저, 중간 및 높은 온도에 맞도록 설계되어졌고, 냉매는 R22, R134a, R404 및 R507 등에 적합하도록 제작되었다. Copeland는 1997년에 Carolina에 있는 공장에서 1.5마력에서 22마력 범위의 Glacier compliance 스크롤 압축

기의 생산을 시작하였고, 계속적으로 고신뢰성, 고효율 및 저소음에 대한 연구가 진행되고 있다.

5. 국내 스크롤 압축기의 현황

스크롤 압축기는 미국과 일본이 대부분의 기술과 특허를 독점하고 있어 그동안 우리나라 업체들은 거의 수입에 의존해 왔었다. 그러나 LG전자는 1996년 6월에 스크롤 압축기(모델명 FX28QC)를 자체 개발하는데 성공하였으며, 이는 기존의 압축기보다 효율은 약 10% 향상되고, 소음은 10% 감소되었다고 발표하였다. LG전자는 그 동안 연간 5만대 규모로 생산한 스크롤 압축기를 올해에는 연간 15만대 규모로 생산하여 내수 및 수출용 거주형 에어컨에 장착할 예정이며, 내년에는 연간 35만대, 2000년에는 연간 50만대 규모로 대폭 늘려나갈 계획이다. 또한, 경원세기도 독자적으로 스크롤 압축기를 개발하여 1997년 3월부터 천안 공장에서 생산을 시작하였다. 현재에는 연간 4만대 규모로 생산을 하고 있으며, 여러차례의 증설 작업을 거쳐 오는 2000년에는 연간 20만대 규모로 확대할 계획이다.

Table 5는 국내에서 자체 개발한 스크롤 압축기와 외국에서 생산되는 스크롤 압축기와의 사양 및 성능을 비교 분석한 것이며, 여러 면에서 국내제품이 외국제품과 거의 동등한 수준임을 알 수 있다. LG전자와 경원세기에서 각각 개발한 스크롤 압축기의 가장 큰 차이점은 축방향 compliance로 LG전자는 텅실구조이며, 경원세기는 고정스크롤 후면 배압실 구조로 되어 있다.

Table 4. Manufactures of scroll compressor for commercial refrigeration applications

Company	Address / Telephone number	Power range	Begin production
Mitsubishi	2-3 Marunouchi 2-chome,Chiyoda, Tokyo 100, Japan / 81-3-3218-3117	5-10 HP	1986
Hitachi	Ohira-machi, Shimotsuga-gun, Tochigi-Ken, 329-44 Japan/81-282-43-1111	1.5-7.5 HP	1988
Sanyo	Sakata, Oizuni-machi, Ora-gun, Gunma, Japan / 81-276-61-8097	Single : 3-10 HP Multi : 13-36 HP	1989
Copeland	4401 E., Dixon Blvd., Shelby, North Carolina 28150 U.S.A./1-704-484-3011	1.5-22 HP	1997
	Cookstown Bt80 9dg, County Tyrone, Northern Ireland / 44-16487-60100	1.5-15 HP	1997

현재 국내에서는 25~35평형급 에어컨에 사용되는 2~4마력급 스크롤 압축기를 주로 생산하고 있으며, 중대형급 스크롤 압축기는 Copeland 등으로부터 수입에 의존하고 있으나 곧 국내에서도 생산을 시작 할 계획이다.

Table 5 Specifications and performance of scroll compressors

Item	Copeland		Hitachi	LG	Century
Power	3.5 HP	4.1 HP	4.7 HP	3.5 HP	4.2 HP
Capacity (Btu/h)	28,500	34,000	34,300	28,500	34,600
Size	φ152 x 360 mm	φ152 x 383 mm	φ163 x 394 mm	φ147 x 370 mm	φ157 x 375 mm
Weight	25 kg	27 kg	27 kg	27 kg	28 kg
Noise (dBA)	68	68	60	67	65
EER (at ARI)	11.0	11.0	9.8	11.2	11.0

6. 결 론

지금까지 스크롤 압축기의 국내의 현황들에 대하여 간략히 살펴보았다. 스크롤 압축기에 대한 수요는 국내외적으로 급증할 것으로 예상되며, 이에 발맞추어 국내에서도 계속적인 연구 및 개발이 필요하다. 특히, 인버터를 사용한 가변용량형 스크롤 압축기 및 대체냉매에 적합한 스크롤 압축기로의 개발은 매우 시급하다. 또한 본고에서는 서술하지 아니하였지만 자동차 에어컨용에 사용되는 스크롤 압축기는 바이패스식 가변 용량조절이 가능함으로 자동온도조절형 에어컨에 기존의 사관식 압축기의 대체용으로 각광을 받고 있다. 앞으로 자동차 에어컨은 자동온도조절형 에어컨이 보편화 될 전망이므로 자동차용 스크롤 압축기의 연구 및 개발은 지금이 가장 적기로 사료된다.

참고문헌

- (1) International Compressor Engineering Conference at Purdue (88, 90, 92, 94, 96, 98), Purdue Univ.
- (2) International Compressor Technique Conference(93,97), Xian Jiaotong University
- (3) 김현진, 1991, "에어컨용 고효율 스크롤 압축기의 설계 및 제작기술 개발", 공업기반기술 보고서, 생산기술연구원, KAITECH-BS-PRG00100 - 9108
- (4) 김현진, 1992, "에어컨용 고효율 스크롤 압축기의 설계 및 제작기술 개발에 관한 연구(중간보고서)", 공업기반기술보고서, 생산기술연구원, KAIT ECH-BS-PKR91290
- (5) 김현진, 1993, "에어컨용 고효율 스크롤 압축기의 설계 및 제작기술 개발에 관한 연구(최종보고서)", 공업기반기술보고서, 생산기술연구원, KAIT ECH-BS-PKR92810
- (6) 박 경우, 1994, "CFC대체냉매와 스크롤 압축기를 사용한 냉동시스템 성능해석", 박사학위논문, 한양대학교, 서울
- (7) 森達志, 1995, "스크롤 壓縮機에 대한 旋回스�크롤의 自轉舉動에 관한 研究", 博士學位論文, 靜岡大學, 日本
- (8) 김태중, 1995, "유효특성을 고려한 스크롤 압축기의 동적거동에 관한 연구", 박사학위논문, 서울대학교, 서울
- (9) Sankar Sunder, 1996, "Thermodynamic and Heat Transfer Modeling of a Scroll Pump", Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- (10) 이건호, 1998, "스크롤 압축기를 사용한 자동차용 에어컨 시스템의 성능해석 및 시뮬레이션", 박사학위논문, 서울대학교, 서울