

헬리컬 압축기의 개발

· 출처 : Refrigeration, Feb., 2001
 · M. Okada and T. Fujiwara, Toshiba Carrier Corp.
 (Japan Society of Refrigeration and Air Conditioning Engineers)

윤 정 인

일본의 도시바는 세계 최초로 독자적인 나선형 압축기구의 채용으로 밸브없이 연속적인 압축이 가능한 헬리컬 압축기를 개발하였다. 이 압축기는 저소음, 저진동, 우수한 에너지절약성, 콤팩트한 구조가 특징이다. 여기서는 상품 개발 배경과 헬리컬 압축기의 구조, 특징등을 소개하고자 한다.

개발 배경

최근 지구환경에 관한 관심이 고조되고 있는 가운데 냉동·공조분야에 있어서도 오존층보호, 지구온난화방지, 전력소비량 저감 등을 목적으로 에너지절약기술, 대체냉매화기술 등이 추진되어 많은 성과를 올리고 있다.

에너지절약기술 중에서도 가장 유효한 수단으로 압축기의 효율향상을 들 수 있다. 압축기는 고효율화는 물론,

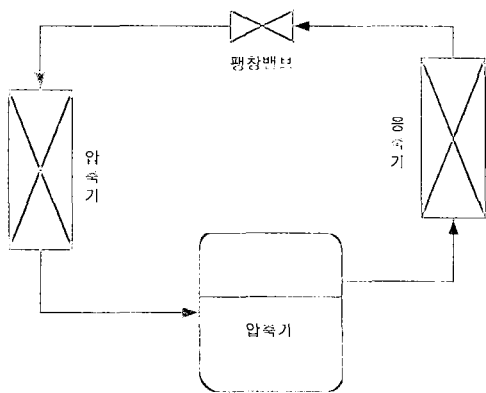
저소음·저진동·콤팩트 등 많은 요구특성이 있으며, 냉장고·룸 에어컨의 가장 중요한 부품이다.

최근의 압축기 동향

냉장고·룸 에어컨의 대부분은 가장 실용적이고 효율이 좋은 냉동사이클인 증기압축식 냉동사이클(그림 1)로 구성되어 있다. 그리고, 이 증기압축식 냉동사이클 중에서 냉매가스를 압축하고 순환시키는 심장 역할을 하고 있는 가장 중요한 부품이 압축기이다.

압축기의 주요 종류를 표 1에 나타내었다. 냉장고·룸 에어컨용 압축기는 왕복동식인 레시프로형에서 회전식인 로터리형·스크롤형으로 개발의 중심이 변천되어 왔었다. 로터리형은 고효율로 에너지절약을 목표로 하는 룸 에어컨용의 중심적 역할을 다하고 있지만, 밸브가 있기 때문에 소음이 크다는 과제를 안고 있다.

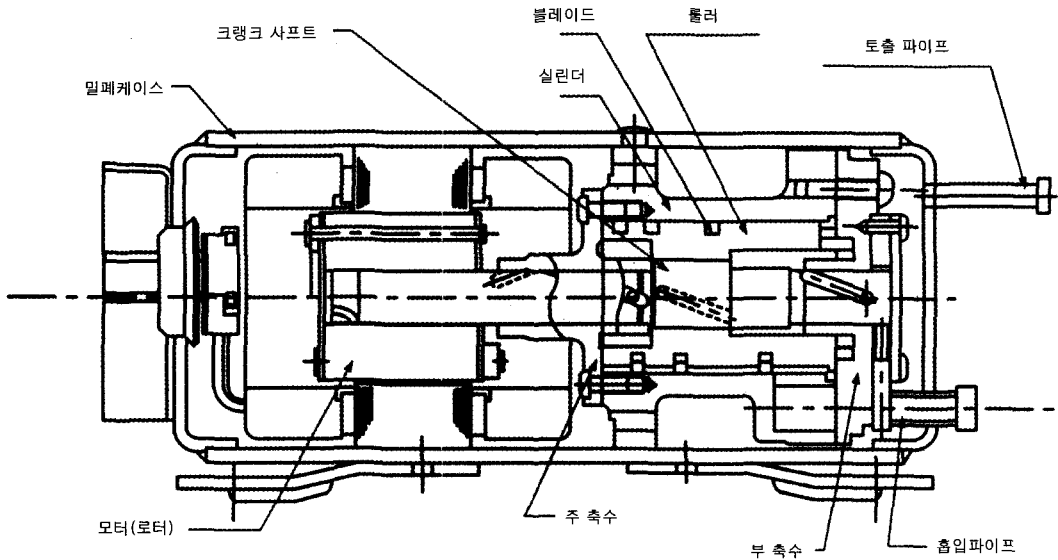
한편, 스크롤형은 밸브가 없어서 저소음·저진동이라는 메리트가 있지만, 효율면에서는 설계압축비로 운전할 경우



[그림 1] 증기압축식 냉동사이클

<표 1> 압축기의 종류

형식	종류	
용적압축형	왕복동식	왕복동형
		로터리형
	회전식	스크롤형
		스크류형
		헬리컬형
원심압축형	터보형	



[그림 2] 헬리컬 압축기의 구조

고효율이지만 운전조건이 달라지면 효율이 저하하는 문제가 있다.

다른 냉각 시스템

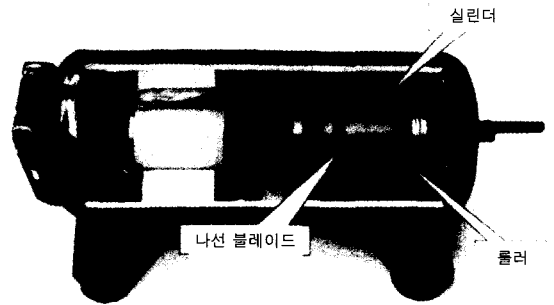
저소음을 최우선으로 생각해야 하는 제품, 예를 들면, 호텔이나 병원, 침실의 냉장고 등은 중기압축식 냉동사이클과는 다른 냉각시스템, 펠체식·흡수식등의 비압축식 냉각시스템이 채용되고 있는 경우도 있다. 이들 냉각시스템은 압축에 수반하는 기계적인 움직임이 없기 때문에 소음·진동이 적다. 그러나, 그 반면 에너지효율이 낮아 에너지절약 관점에서는 중기압축식 냉동사이클보다 뒤떨어지고 있다.

이에 반해 헬리컬 압축기는 비압축식 냉각시스템과 동등한 저소음·저진동인 동시에 에너지절약을 실현할 수 있는 메리트가 있어 최근 상품으로서 이것들이 강하게 요구되고 있는 호텔·병원을 위한 냉장고용을 개발하기에 이르렀다.

헬리컬 압축기의 구조와 압축원리

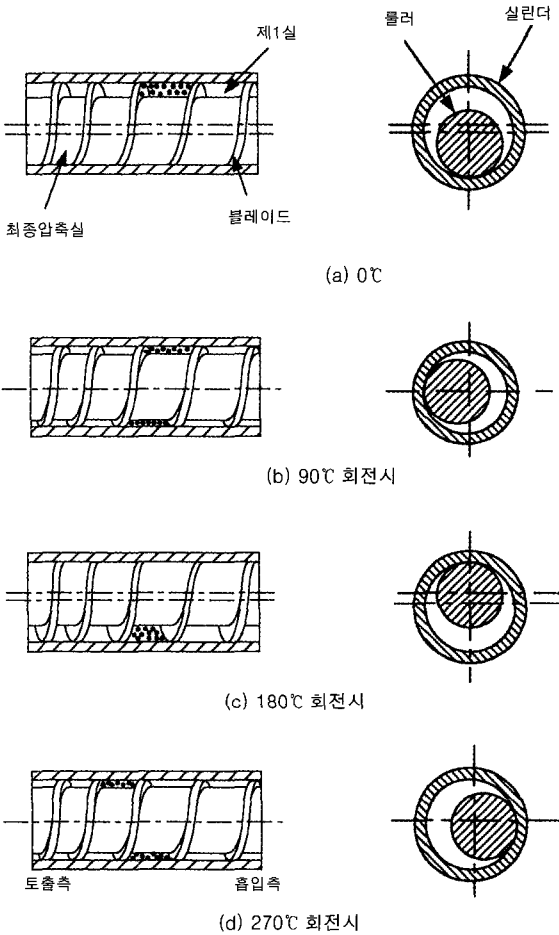
구조

헬리컬 압축기의 주요부품은 압축실의 칸막이인 나선 블



[그림 3] 헬리컬 압축기의 구조

레이드, 회전축 역할의 롤러 외벽 역할의 실린더 3가지이다. 그림 2와 3에 나타난 것과 같이 이번에 개발한 압축기의 구조는 케이스에 고정된 실린더, 롤러, 나선 블레이드, 주·부 축수, 양축수에 지지되어 있는 크랭크·샤프트로 구성되어 있다. 롤러는 크랭크·샤프트에 의해 그 외주면이 실린더의 내주면에 어느정도 클리어런스를 유지하면서 선회운동한다. 롤러의 외주면에는 나선홈이 형성되며, 이 나선홈의 피치는 입구에서 출구로 향하면서 좁아진다. 나선 블레이드는 탄성재를 사용함으로써 롤러의 홈에 출입



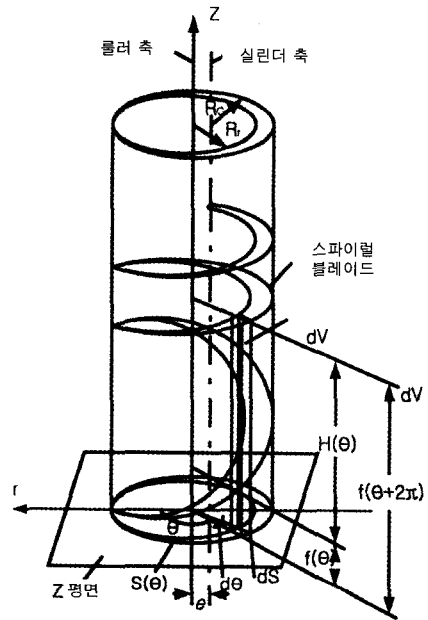
[그림 4] 압축원리

할 수 있도록 되어 있으며, 그 외주면은 실린더 내주면에 접하고 있어 롤러의 외주면과 실린더의 내주로 둘러싸인 공간을 복수의 압축실로 나누고 있다.

압축원리

그림 4에 압축원리를 나타내었다. 나선 블레이드와 롤러 외주, 실린더 내주로 둘러싸인 3차원 공간이 압축실이 되며, 나선의 수에 따라 압축실의 수가 결정되어 항상 복수의 실이 존재한다.

롤러가 실린더 내부에서 선회운동함으로써 압축실은 축방향으로 이동한다. 이렇게 함으로써 나선의 피치가 작아져



[그림 5] 압축실의 용적

압축실 용적은 작아지고 가스는 압축된다. 따라서 종래의 레시프로형이나 로터리형과 같은 밸브는 필요없게 된다.

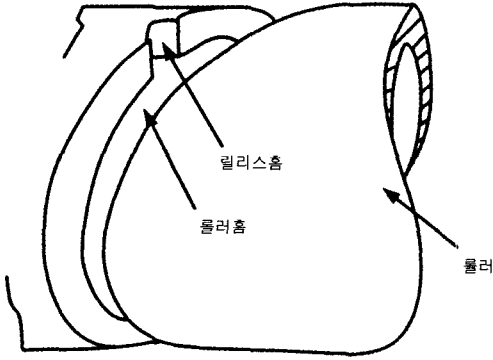
헬리컬 압축기의 압축실은 그림 5에 나타난 것과 같이 롤러와 실린더 사이의 공간을 나선 블레이드에 의해 막음으로써 구성되어 있기 때문에 회전각 : θ 에 의해 압력 : $P(\theta)$ 는 압축실의 용적을 $V(\theta)$ 라 하면 아래 식과 같이 기술할 수 있다.

$$P(\theta) = P_s (V_s / V(\theta))^n$$

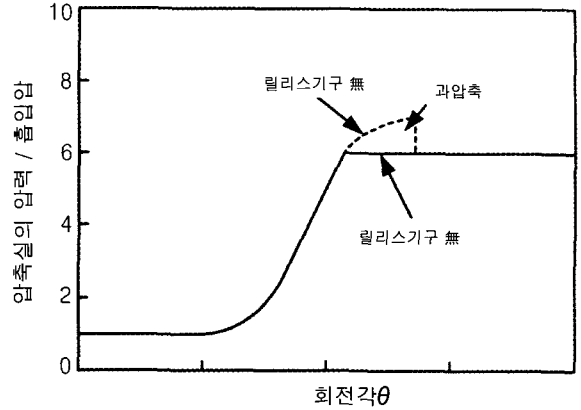
여기서, P_s 는 흡입압력, V_s 는 배제용적, n 은 폴리트로프 지수이고, $V(\theta)$ 는 나선 블레이드의 형태에 따라 정해진다. 헬리컬 압축기에 있어서 나선 블레이드의 형태는 자유로이 설계할 수 있다. 이것은 스크롤 압축기와와의 차이점으로 헬리컬 압축기의 특징중의 하나이다.

기술과제

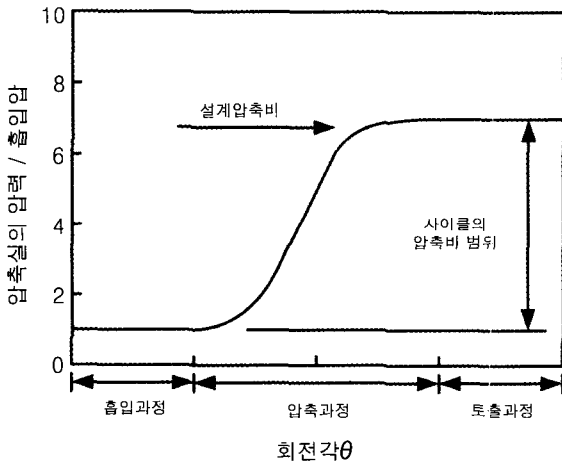
이처럼 뛰어난 특징을 가진 헬리컬 압축기이지만 기술과제도 많아 이것들을 클리어하는데 많은 노력과 시간이 필요하였다. 그 대표적인 것이 다음에 언급하는 나선 블레이



[그림 6] 롤러의 릴리스 구조



[그림 8] P - θ곡선(실제)



[그림 7] P - θ곡선(실제)

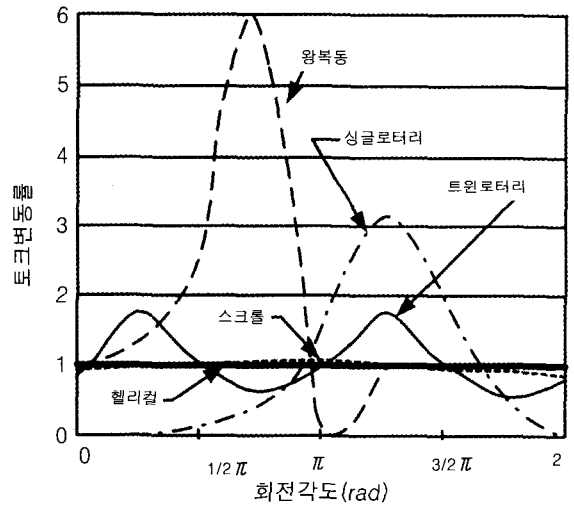
드와 압축과정이다.

나선 블레이드

헬리컬 압축기 기구의 가장 중요한 부품중의 하나는 나선 블레이드로 이 부품이 압축기의 성능·신뢰성의 키포인트이다. 이 부품은 탄성이 있는 재료로 구성되어 있으며, 압력을 받으면서 롤러의 홈을 출입하기 때문에 아래 기술한 것과 같은 재료의 특성, 제조성 등 많은 요구가 있어 최대의 기술과제이다.

• 재료의 특성

탄성변형이 가능하여 내마모성이 우수하고 마찰손실이



[그림 9] 토크 변동의 비교

적고 온도변화에 대해 물성의 변화가 적은 등 많은 재료특성이 요구

• 제조성

부등 피치인 나선 형태의 제조방법 확립, 모든 위치에서의 단면치수와 형상정도의 확립

앞에서 언급한 기술과제를 극복하기 위해 재료개발은 물론, 설계면에서 나선 블레이드에 걸리는 부하를 낮춤으로

써 압축기로서 사용할 수 있게 하였다. 또, 제조기술의 확립을 위해 노력함으로써 실용화에 이르렀다.

압축과정

압축기의 효율을 높이기 위해서는 압축과정에서 생기는 손실을 얼마나 작게 할 수 있는지가 중요하다. 스크롤 압축기와 같이 밸브가 없고 구조상 설계압력이 정해져 있는 압축기는 실제 운전 때 압축비가 설계압축비와 일치하는 경우에는 손실이 작아 높은 효율을 얻을 수 있지만 설계압축비에서 벗어나면 효율이 저하하는 문제가 있다. 이 때문에 새롭게 밸브를 추가한 헬리컬기구를 두는 등의 대책을 하고 있다.

이에 반해 헬리컬 압축기는 압축비 변화에 대응할 수 있는 새로운 릴리스 기구를 개발하였다. 이 릴리스 기구는 새로운 부품 추가없이 그림 6에 나타난 것과 같이 롤러의 홈 일부에 구멍을 판 간단한 기구이다. 이 기구의 채용에 따라 그림 7에 나타난 것과 같이 설계 압축비들 사이클의 최고 압축비에 맞추어 그것보다 압축비가 낮은 경우 릴리스 기구에 의해 과압축을 방지(그림 8)할 수 있게 되었다. 따라서, 성능저하 없이 여러 압축비에 대응할 수 있게 되었다.

헬리컬 압축기의 성능

- 고성능
압축실을 여러개 가지고 있고, 또 압축과정을 자유로이 최적 설계함으로써 가스누설을 적게 할 수 있어 고압축 효

율을 얻을 수 있다. 또, 앞에서 기술한 릴리스 기구를 채용함으로써 압축비의 변화에도 대응할 수 있다.

- 저소음·저진동

그림 9에 나타난 것과 같이 회전중의 토크 변동이 극히 작고, 흡입, 토출 밸브가 없어 연속적인 압축, 토출을 할 수 있다. 이와 같은 특징에 의해, 현재 실용화되어 있는 압축기에 비해 고속회전 영역에서 저속회전영역까지 넓은 범위에 걸쳐 소음·진동을 대폭 줄일 수 있다.

- 콤팩트

압축기의 용적이 대폭 작아져 콤팩트화가 가능하다.(도시바 왕복동 제품 대비 50% 이하)

맺음말

새로이 개발된 헬리컬 압축기의 개발 배경, 구조, 특징 등을 간략히 소개하였다. 이 압축기를 탑재한 제품은 정숙을 최우선으로 추구한 비압축식 냉각시스템 제품과 비교해 소음·진동은 동등레벨이며, 에너지 절약적인 면에서는 우수하였다. 앞으로 상품성을 높이고 대상 제품범위를 확대하여 21세기 압축기의 중심이 될 수 있도록 개발을 진척시켜 나가는 것이 앞으로의 과제이다.

이 글이 우리나라에서도 헬리컬 압축기 개발을 위한 동기 부여 및 기술 정보 제공을 위한 일익을 담당하길 기대한다.

