

소형 냉온수 유니트의 원리 및 개발 동향

The Principle and Developmental Trend of the Small Type Absorption Chiller Heater

박 대 휘*
Dae Hui Park

1. 서 론

약 200여년 전에 발표된 흡수식 냉동기의 원리는, 전기를 이용한 압축식 냉동기의 획기적인 발달에 밀려 거의 발전하지 못하다가, 1940년대에 들어서 LiBr 수용액과 물(H₂O)을 이용한 흡수식이 개발된 이후 현저한 진보를 이루었으며, 1960년대 이후에 일본에서 이중 효용형이 개발되면서 급속한 발달이 이루어졌고, 2차에 걸친 오일 쇼크와 가스 이용 흡수식 냉온수기의 개발 보급의 확대로 현재 대형 냉동기의 분야에서는 큰 비중을 차지하게 되었다.

국내의 경우, 1984년까지는 특수한 몇몇 개소에만 설치되어 운전되었으며, 그 또한 거의가 수입품 또는 중요 부품을 수입품으로 제작한 국산화품이었다. 그러나, 1983년 한국 가스 공사의 발족으로 가스의 보급이 확대되고, 서울 도심지역에서의 대기 오염 방지법에 의한 유류 사용의 금지, 가스 흡수식 냉온수 유니트의 특유한 장점인 전기 사용량의 극소로 여름철 전기 소모량의 감소화와 도시가스 소모량의 증대를 통하여 에너지의 사용량을 안정화시켜주는 것과, 단 한대로 냉난방의 문제해결에 따른 설비공간의 절약 및 간편화, 진공 상태의 운전에 따른 안전성, 전자동화

에 의한 취급의 용이성, 저렴한 운전 비용 등에 의해 단기간내에 급속한 발달을 이루게 되었다. 1985년도부터 본격적인 개발에 착수된 가스 흡수식 냉온수 유니트는 1988년말 현재, 과거 대형 냉동기의 주종을 이루었던 원심식 냉동기와 거의 동등한 비율의 생산을 이루고 있다.

그러나, 아직 소형의 경우는 수입 판매를 주로 하고 있으며, 최근 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 이번 기회에 앞서가고 있는 일본의 경우에 있어서 소형 냉온수 유니트의 개발 동향을 점검하고, (주)경원세기에서 최근 개발 완료한 20~100 RT급의 냉온수 유니트의 특징을 소개하고자 한다.

2. 흡수식 냉온수 유니트의 원리

물을 냉매로, 그리고 LiBr 수용액을 흡수제로 사용하는 흡수식 냉온수 유니트의 원리는 다음과 같다.

(1) 냉매와 흡수제의 기본적 성질

1) 물은 대기압 상태에서는 100℃가 되어야 비등한다.

2) 그러나, 대기압 이하의 진공 상태에 두면, 물은 100℃ 이하의 온도에서도 비등하여 포화 증기압을 이루려고 한다.

* 정회원, (주)경원세기 설계부 차장

3) 예로, 완전 진공 상태의 용기속에 5°C의 물을 넣어두게 되면, 용기내부에는 5°C에 해당하는 포화 증기압을 형성하여 6.5 mm Hg abs.의 압력을 나타낸다.

4) LiBr (리튬 브로마이드)는 강한 흡수력을 가지고 있다.

5) LiBr 수용액을 60% 농도로 만들어 진공 용기속에 넣어두고, 온도를 40°C로 유지시키면, 4.8 mmHg abs.의 압력을, 온도를 20°C로 유지시키면 1.2 mmHg abs.의 압력을 형성한다.

(2) 1중 효율 흡수식 냉온수 유니트의 원리

1) 진공 용기에 냉매를 넣고서 5°C의 온도를 유지시키면, 6.5 mmHg abs.의 포화 압력을 형성한다.

2) 진공 용기에 LiBr 수용액(농도 60%)를 넣고서 40°C 정도로 유지시키면, 4.5 mm Hg abs.의 포화 압력을 형성한다.

3) 이들 두 용기의 사이에 통로를 설치하여 서로 통하게 하면, 압력의 차이에 의하여 냉매 용기(이하 증발기라고 한다)의 냉매가 용액 용기(이하 흡수기라고 한다) 측으로 이동하게 된다.

4) 증발기는 증발했던 냉매 증기가 흡수기로 이동하여 감에 따라 압력이 떨어지게 되며, 포화 압력을 이루기 위해 액 상태로 있던 냉매가 증발을 하게 되고, 이때 증발 잠열에 상당하는 열을 필요로 하게 된다. 이를 위해 증발기에 전열관을 설치하고 관내로 냉수가 흐르도록 하면, 냉수는 열을 빼앗기고 냉각되게 된다. 이로써 냉동 효과가 발휘된다.

5) 한편, 냉매 증기를 흡수하는 흡수기의 용액은, 냉매가 흡수되어 액으로 변하면서 내어 놓는 응축 잠열과 회석열에 의해 용액의 온도가 상승되고 농도는 묽어지게 되어 흡수력이 떨어지게 된다. 흡수력을 계속 유지하기 위해서는 용액의 재생과 온도의 냉각이 필요하다. 냉각을 위해서는 흡수기에 전열관을 설치하고 전열관내로 냉각수를 흐르게 하며, 한차래의 흡수 과정을 거쳐 농도가 묽어진 용액은 재생기로 보내 이를 재생시켜 재사용하게 한다.

6) 증발기와 흡수기에는 냉매와 냉수, 용액과 냉각수 사이의 열교환을 촉진시키기 위하여 스프레이 장치를 설치하여, 전열관 상부에서 냉매 및 용액이 흘러내리게 한다.

7) 재생기에서는 흡수기에서 온 용액은 가열하여 농축시키며, 이를 위해서는 높은 온도의 가열원이 필요로 하게 된다.

8) 용액의 재생과정에서 분리된 냉매 증기는 제거되어야만 재생기에서의 원활한 재생이 계속적으로 이루어지므로, 이를 위해 냉각수가 통하는 전열관이 설치된 진공 용기를 만들어 재생기와 연결시키고 냉매 증기가 이곳에서 응축 액화되게 된다. 이 용기를 응축기라고 한다.

9) 재생기에서 증발한 냉매 증기가 응축기로 이동하기 위해서는 응축기보다 높은 압력으로 유지되어야 하며, 이에 따라 재생기에서 재생 용액의 온도가 결정되고, 또한 재생 용액을 가열해주는 가열원의 온도가 결정되게 된다.

10) 응축기에서 응축된 냉매액은 오리피스나 U자관을 통하여 저압 상태의 증발기로 이동하여 증발기에서의 냉매 증발에 재이용되어, 증발기에는 일정한 량의 냉매가 존재하도록 한다.

11) 상기와 같이 하여 흡수시의 냉동 사이클이 형성된다.

12) 상기 사이클에서는 흡수기의 용액이 재생기로 갈 때 저온의 상태이고, 재생기에서 재생된 후 흡수기로 돌아올 때에는 고온의 상태이다. 여기서 이들 묽은 저온의 용액과 진한 고온의 용액을 서로 열교환시켜 묽은 용액의 온도를 높이고, 진한 용액의 온도를 낮추면, 흡수기에서의 냉각수 소요량과 재생기에서의 가열원의 량을 줄일 수 있어 에너지를 절약할 수 있게 된다.

13) 1중 효율 흡수식 냉온수 유니트는 상기와 같이 증발기, 흡수기, 재생기, 응축기와 용액 열교환기 그리고 연료를 연소시켜주는 연소 장치와 진공 유지를 위한 진공 추기 장치 등으로 이루어지며, 가열원으로는 주로 가스, 등유, 경유 등이 사용되게 된다.

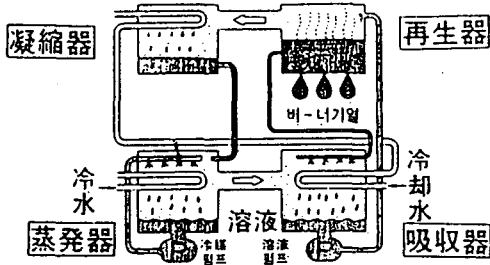


그림 1. 1중 효용 흡수식 냉온수 유니트의 사이클 계통도

14) 위의 그림 1은 1중 효용 흡수식 냉온수 유니트의 사이클 계통도이다.

(3) 2중 효용 흡수식 냉온수 유니트

1) 1중 효용 흡수식 냉온수 유니트에서 응축기의 냉각수 출구 온도를 낮추게 되면, 재생기의 가열원의 온도도 낮출 수 있게 된다. 예로 냉각수 출구 온도를 37.4℃로 하면 가열원의 수증기 온도는 약 95℃로 낮출 수 있게 된다.

2) 2중 효용 흡수식에서는 묽은 용액의 일부를 먼저 고온으로 가열하는 고온의 재생기를 추가 설치하여, 여기서 용액을 재생시키고 분리된 냉매 증기(온도 약 90℃ 내외)를 나머지 용액이 있는 저온의 재생기로 보내 가열에 재사용함으로써, 가열원의 열량을 절약할 수 있도록 한 것이다. 이것이 병렬 흐름 방식의 2중 효용 흡수식의 원리이다.

3) 여기서도 2개 이상의 용액 열교환기를 설치하여 에너지의 절감을 도모하고 있다.

4) 묽은 용액을 모두 고온의 재생기로

보내 일부 농축시킨 후, 다시 용액 열교환기를 거쳐 저온의 재생기로 보내어 고온의 재생기에서 증발한 냉매 증기에 의해 추가적으로 농축시키는 방식을 직렬 흐름 방식의 2중 효용 흡수식이다.

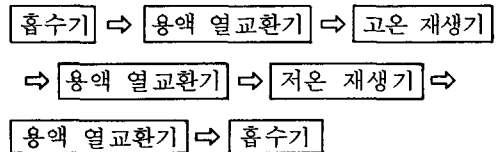
5) 2중 효용 흡수식 냉온수 유니트에는 증발기, 흡수기, 응축기, 저온 재생기, 고온 재생기, 용액 열교환기, 열원 장치(버너, 폐열원 등), 그리고 추가 장치 등으로 구성된다.

(4) 2중 효용 흡수식 냉온수 유니트의 사이클 계통도

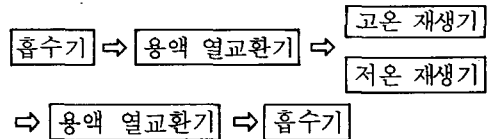
2중 효용식의 사이클은 크게 2가지의 용액 순환 방식으로 나누어진다. 즉 직렬 흐름 방식과 병렬 흐름 방식이다. 이들을 비교 설명한다면 아래와 같다.

1) 용액의 흐름

① 직렬 흐름



② 병렬 흐름



2) 듀링 선도

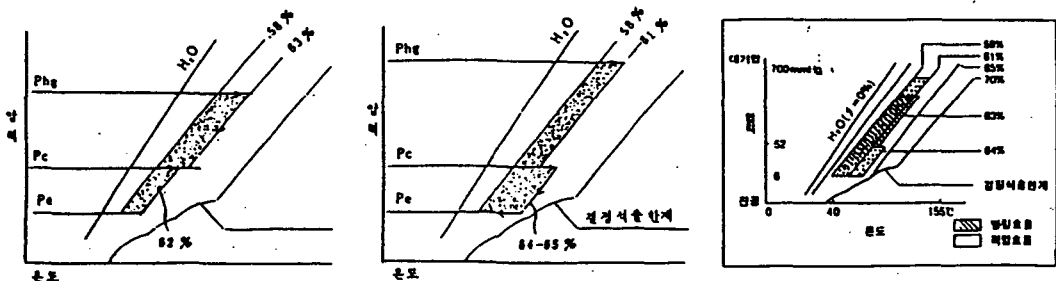


그림 2. 직렬 흐름과 병렬 흐름의 비교

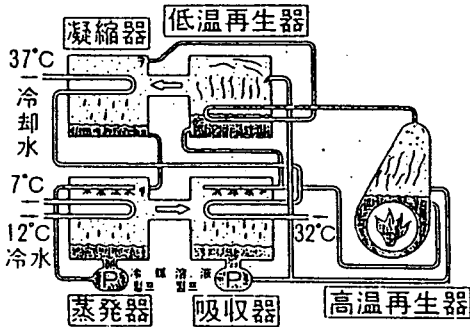


그림 3. 병렬 흐름 2중 효용 흡수식 냉온수 유니트의 사이클 계통도

3. 기술개발 동향

일본의 경우, 1968년에 가스 흡수식 냉온수 유니트를 개발한 이후, 2중 효용식의 소용량화를 거듭 발전시켜 1983년에는 7.5 RT 급을 판매하기 시작하였다. 그래서 현재에는 흡수식 냉온수기라고 하면 통상적으로 2중 효용식을 지칭하는 것으로 되어있다. 그리고 거듭된 발전을 통하여 개발이래 대폭적인 에너지 절약화를 달성하여 오고 있으며, 그 경향을 도표로 표시하면 아래 그림 4와 같다.

100 RT 미만의 소형 냉온수 유니트의 경우 에너지 절약과 기술 개발의 주요 사항을 정리하여 보면 아래와 같다.

(1) 용액 열교환기의 효율 향상

이는 곧 연료 소비량의 절약과 냉각수 순환량의 감소와 직결된다.

- ① 고성능 전열관의 채용
 - ② 용액 순환량의 제어에 의한 용액 열교환기에서의 단위 유량당의 전열 면적 증대
- (2) 배기 가스 열교환기의 채용
배기가스의 온도는 200-250°C 정도이며, 이를 열교환에 의해 약 50°C 정도 낮추면서 5% 정도의 에너지를 절약한다.

- ① 연소용 공기와의 열교환
- ② 저온 재생기 입구의 묽은 저온의 용액과의 열교환
- (3) 냉각수 폐열량의 감소
냉각탑 용량, 냉각수의 사용량, 냉각수 펌프의 용량, 냉각탑 팬의 용량 등을 감소시킨다.
- (4) 설치 공간의 절약화

① 전열관 인출 공간의 절약을 위해, 냉온수 유니트의 길이 방향을 짧게 한다.

② 흡수기, 증발기의 패스수를 증가시키고 고성능 전열관의 채용으로 단위 길이당의 열전달량을 높여 전열 면적의 축소화.

③ 응축기, 저온 재생기에서의 고성능 전열관의 채용 등으로 전열관 점유 면적의 최소화

④ 고온 재생기: 노통 연관에서 기액 분리를 설치하고 입형 용액관을 설치한 수관식으로 변경시켜, 용액 보유량 감소로 기동 시간 및 운전 종료시의 회색 운전시간 단축 및 부하 변동에 대한 추종성 증대, 기기 본체의 경량화 달성.

고연소 버너의 개발로 고온 재생기의 소형화

(5) 진공 추기 장치의 자동화 달성

불응축 가스의 자동 집적 및 기외로의 배출 자동화로 원격 제어 가능화

1) 냉각수 이젝터에 의한 자동 추기로 진공 펌프를 없앴.

2) 파라디움 셀에 의한 수소 가스 자동 배출 및 년 1회 정도의 진공 펌프에 의한 추기

(6) 열기포 펌프의 설치

기포 펌프의 원리를 이용하여 냉매 또는 용액을 순환시킴으로서, 냉매 펌프 및 용액 펌프를 불필요하게 함으로써, 전기 동력의 소모를 극소화시키는 것이다. 또한 냉난방의 절환시에 필요한 냉난방 절환 밸브를 기포 펌프

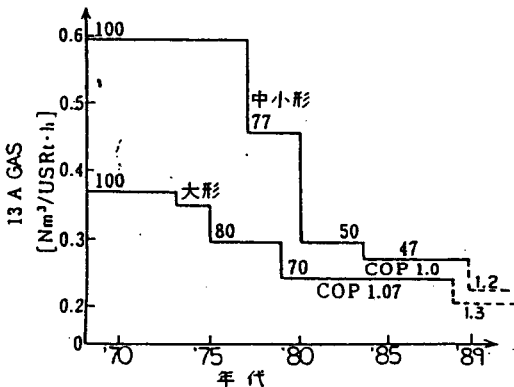


그림 4. 흡수식 냉온수 유니트의 에너지 절약

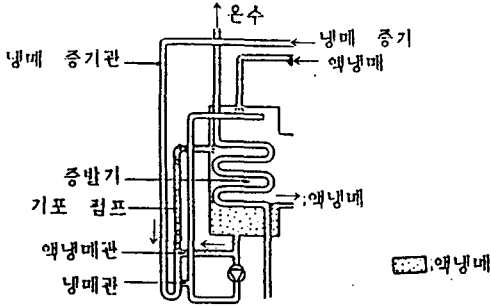


그림 5. 히다찌형 기포 펌프의 계통도

배관으로 대체하므로써, 원격 제어에 의한 냉난방의 절환도 가능하게 하고 있다. 이 기포 펌프의 개통도는 위의 그림 5와 같다.

(7) 다기능형의 GASPAC 개발

GASPAC은 건축면적 400~3,000mm²의 중소형 빌딩을 대상으로 하고 있는, Gas Prefabricated Absorption Chiller System의 약칭이다.

이는 최근 건축 동향의 하나인 공사 기간의 단축이나 복잡한 현장 작업의 단순화 지향 등의 요구에 따른 것이다.

흡수식 냉온수기와 냉각탑, 냉각수 펌프, 냉온수 펌프, 보조기기 동력반, 팽창 탱크 등을 공장에서 제작 조립 생산하여 일체화시킴으로서, 설치성, 시공성의 개선과 함께 신뢰성을 향상시킨 것이다. GASPAC을 설치한 후 냉온수 배관, 급수관, 배수관, 연결 배관 등을 연결하고 실내에 FCU, AHU 등을 설치 상호 연결시키기만 하면, 냉난방의 설비는 완료되는 것이다.

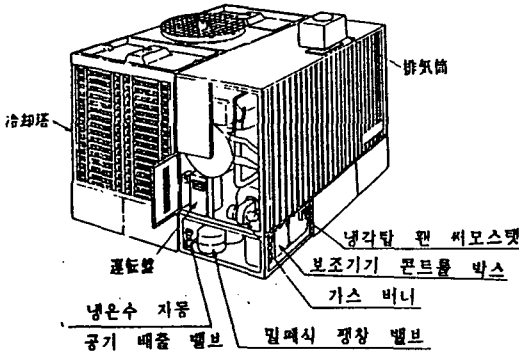
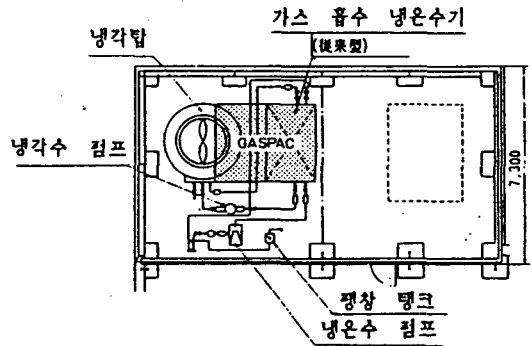


그림 6. GASPAC의 외관도

GASPAC의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 열원기기 주위가 간단화 된다.
- 설비의 설계, 시공이 대폭으로 간이화 되어, 설계 업무의 공수가 절감된다.
- 종래형에 비하여 보수 유지 공간을 고려하여도 필요되는 공간은 약 50% 정도이다.
- 제조 공장에서 냉각수계를 포함한 종합 테스트를 실시하므로써, 열원 시스템의 신뢰성이 향상된다.
- 현장에서 배관, 제장 공사가 삭감되어 공사 기간이 단축된다.
- 필요한 설비 기기가 일체화되어 있는 것으로 기존 설비의 갱신에 최적이다.
- 시간제, 헷수계 등을 부착하여 유지 관리 시기나 점검 포인트가 확실하게 된다.

아래의 그림 7은 GASPAC과 종래형과의 설치 공간을 비교하는 것이다.



- 주 1. 종래형의 전용 면적 = 50m²
2. GASPAC 60RT 급의 전용 면적 = 23m² (정면 + 1m, 양측과 후면은 + 0.5m를 포함.)

그림 7. GASPAC과 종래형의 비교

(8) GASCOMP (급탕기능 부착 열 회수형)

사무실 빌딩에 비해서 호텔, 병원, 레스토랑 등에서는 급탕 부하가 크다. 이 급탕 기능 부착형은 이들의 용도를 대상으로 개발된 것으로, 흡수식 냉온수기와 급탕기가 일체형으로 공장 제조되는 것이다. 여기서는 37~38℃의 냉각수 출구에 열교환기를 설치하여 급탕용 보급수의 온도를 높여 주도록 설치되어, 급탕기의 연료 소모량을 절감시키는 기능을

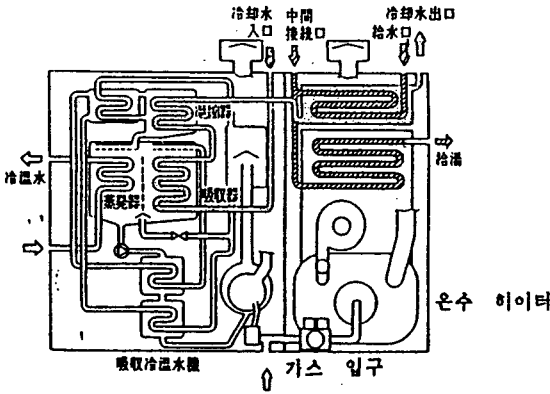


그림 8. GASCOMP 사이클 계통도

가지고 있다.

급탕기도 진공식의 온수 히터를 사용하므로 취급에 자격이 불필요하다.

위의 그림 8은 GASCOMP의 사이클 계통도를 나타내고 있다.

(9) 공냉식 가스 흡수 냉온수기의 개발

중소형의 냉동기 분야에서의 공냉식의 수요가 점증하는 추세에 있어, 당사의 경우 1985년도의 15%에서 1988년도에는 약 30%로의 신장세를 나타내고 있으며, 일본의 경우도 1975년도에는 약 25%에서 1980년 이후는 50%로 점증하고 있다.

흡수식의 공냉화는 이미 1970년경 미국에서 암모니아와 물을 이용하여 개발되어 사용하고 있으나, COP가 낮다는 점(약 0.48)과 암모니아의 폭발성, 독성 등의 이유로 크게 발전하지 못한 단계에 있었으나, 최근 거의 불가능한 것으로 여겨졌던 LiBr 수용액과 물을 이용한 흡수식 냉온수 유니트가 일본에서 연구 개발 완료됨(COP 약 0.92 정도)에 따라 수요의 증대가 예상된다.

공냉식의 가스 흡수식 냉온수 유니트가 개발됨에 따라 다음과 같은 효과가 기대된다.

1) 과거의 방식에 비해 냉각탑, 냉각수, 펌프, 배관 등의 부대 공사비가 절감되고, 운전비에서도 냉각수 보급비와 관리비가 절감된다.

2) 설치 공간이 줄어들어 각종 공조방식의 적용이 가능하다.

3) 냉각수 계통의 고장이 없어져 편리성, 신뢰성이 향상된다.

4) 공냉화가 필요한 곳에 대응할 수 있다.

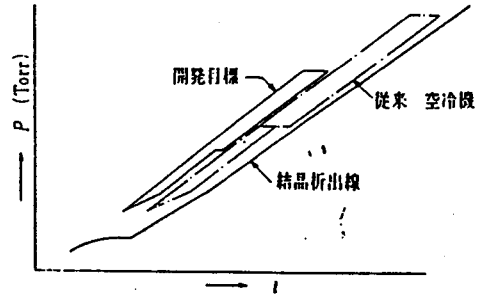


그림 9. 공냉 흡수식의 사이클

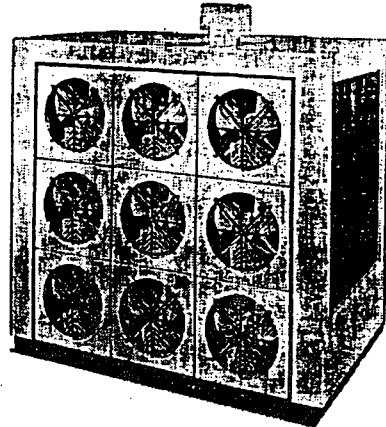


그림 10. 공냉식 흡수 냉온수 유니트의 외관도

공냉화의 기술 개발 포인트는 다음과 같다.

1) 공냉식에서는 일반적으로 공기의 출구 온도가 40~45℃이므로, 10~15℃ 정도 수냉식에 비해 냉방 사이클의 온도가 높게 되므로, 용액의 농도, 고온 재생기의 온도와 압력이 상승하여, 고농도에 의한 용액의 결정으로 사이클의 정지 사고와 고온 재생기의 압력이 대기압 이상으로 상승하게 되는 것 때문에 어려움이 많았다.

2) 공냉 흡수기 및 공냉 응축기의 열전달 특성의 향상

3) 열교환 온도 패턴의 개선

4) 증발기 및 재생기의 성능 향상

위의 그림 10은 일본에서 개발된 공냉식 흡수 냉온수 유니트의 일례이다.

표 1. 중요 설계 사양표

항 목	단 위	AR-F-20N	AR-F-30N	AR-F-40N	AR-F-50N	AR-F-60N
냉 동 용 량	USRT	20	30	40	50	60
난 방 용 량	kcal/h	55,200	82,800	110,400	138,500	165,600
냉 온 수 유 량	m ³ /h	12.0	18.0	24.2	30.2	36.3
냉 각 수 유 량	m ³ /h	22.8	34.2	38.4	48.0	57.6
13A 가스소비량	Nm ³ /h	5.8	8.7	11.6	14.5	17.4
가 스공 급압 력	mmAq	200	200	200	200	200
용 액 펌 프 용 량	kW	0.2	0.2	0.75	0.75	0.75
냉 매 펌 프 용 량	kW	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.2)
버 너 용 령	kW	0.15	0.15	0.3	0.3	0.3

주1. 냉매 펌프는 냉방시에만 운전되고, 난방시에는 운전되지 않음. (기포 펌프의 채용)

4. 국산 소형 냉온수기의 기술 수준

여기서는 필자가 근무하고 있는 (주)경원세기에서 개발 판매에 들어간 소형 냉온수 유닛에 대하여 소개하고자 한다.

당사가 새로이 개발 완료한 20~100RT 급의 소형 냉온수 유닛은 앞서 소개한 일본의 신기술들을 일부 도입하여 소형화, 경량화, 에너지 절약화와 간편화를 달성하였다.

적용한 신기술의 내용은 아래와 같다.

1. 기포 펌프의 채용으로 난방시 냉매 펌프 운전 불필요화시켜 전기 소모량 감소
 2. 기포 펌프의 채용함에 따라 냉난방 전환 밸브의 불필요화로 원격 전환 가능케 함.
 3. 냉각수 이젝터에 의한 자동 추기로 진공 펌프의 불필요화 및 원격제어 가능케 함.
 4. 냉온수를 모두 증발기에서 얻도록 함으로서 냉온수 밸브의 전환을 불필요케 함.
 5. 증발기, 흡수기, 응축기 및 저온 재생기의 전열관을 U 튜브로 사용하여 한쪽의 관판의 두께를 감소시켜 무게를 경량화시킴.
 6. 고성능 전열관 (Thermoexcel "C")의 채용에 의한 기기의 크기 축소 및 경량화.
- 아래의 그림 11은 신형 냉온수 유닛의 사이클 계통도를 나타낸 것이다.

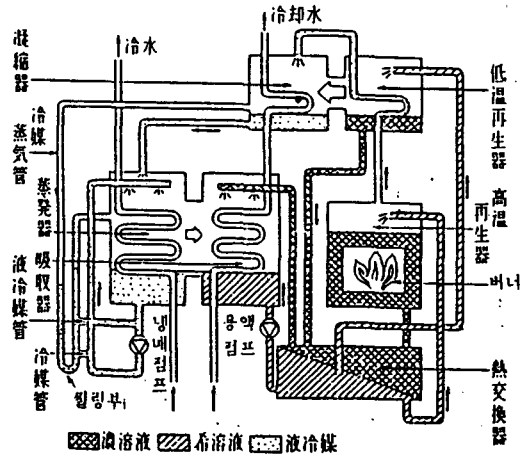


그림 11. 신형 흡수식 냉온수 유닛의 사이클 계통도

5. 결 언

이상과 같이 하여 소형의 흡수식 냉온수 유닛의 개발 동향에 대하여 알아보았다. 흡수식 냉온수 유닛의 특성인 연료를 동력원으로의 사용에 따른 에너지 수급의 안정화, 오존층을 파괴하는 프레온 냉매 사용량의 억제, 설치 공간의 축소화, 취급의 안전성, 저렴한 운전비용 등으로 인해, 수요는 앞으로 계속 증대될 것으로 예상되며, 정부 및 냉동 공조 업

계 모두는 이 흡수식 냉온수 유니트의 장점을 개선 발전시키는데, 공동의 보조로 노력해 나가야 한다고 본다. 국내의 제조 메이커들은 기술의 향상에 전력을 기울이고 있지만, 아직 앞선 일본에 비하면 상당히 뒤떨어지고 있다. 일본이 앞선 기술을 이룩하기에는 냉온수기의

제조 메이커, 가스 공급업체, 학계 그리고 정부 차원의 다양하고도 긴밀하게 연계된 협조와 협력이 있었다는 점을 상기하고 싶다. 에너지의 절약화와 소형화, 경량화, 간편화에 학회 회원 여러분의 많은 연구와 협력을 기대합니다.