

흡수식 냉동기의 원리, 응용 및 그 운용법 The Principle and Technic of Application and Operation of Absorption Chiller-Heater

김 광 제
K. J. Kim
경원세기



- 1959년생
- 냉동기기류연구개발을 담당하고 있으며, 각종 열펌프 응용시스템에 관심이 많음.

1. 개 요

흡수식 냉동기는 개발된지 이미 오래되었지만, 프레온 냉매를 이용한 압축식 냉동기의 발전으로 상당기간 그 발전이 중단된 상태에 있었다. 그러다가 1960년대 들어서 일본에서 2중효용화된 리튬브로마이드-물 이용 흡수식 냉동기가 개발 보급되면서, 빠른 발전을 이루기 시작하여, 현재는 국가적 에너지수급의 균형화 추구에 부응하여 급속한 신장을 거듭하고 있다. 우리나라에서는 1970년대 말부터 국내 제작이 시작되었으나, 특수용도의 사용에 국한되는 정도이었으므로, 그 발전이 미미하였고, 따라서 기술의 보급 전파도 미흡하였다. 국내에서 발전의 기점이 된 것은, 도시가스의 보급 확대가 본격화된 1985년도부터 이었으며, 그 후 CFC에 의한 오존층 파괴 문제가 규명되어 그 사용의 규제가 시작되고, 연료유의 사용에 따른 대기오염을 방지하기 위한 규제가 강화되고, 하절기 전력의 부족에 따른 대책으로 전력사용 냉동기의 설치 억제 등 국가적 차원의 정책적 지원으로 보급 확대가 급신장하고 있다. 이에따라 직화식 흡수 냉온수기는 건물 냉난방용 대형 기기의 주력기종으로 되었으며, 중소형 용량에서도 그 설비의 간단성,

저렴한 운전 유지비, 안전성 등으로 그 수요가 확대되고 있다.

이제 흡수식 원리 응용기기의 사용은 제조기술의 향상, 운전보수관리 기술의 발전 및 경험 있는 기술자의 확보 등이 어느정도 확립되어, 초기와 같은 부담감은 가지지 않아도 되는 정도에 이르렀다고 판단된다.

지금 국내와 일본에서 가장 일반화 되어 있는 흡수식 제품은, 냉매로서 물을, 흡수제로서는 리튬브로마이드 수용액을 사용하는 종류이다. 아직 이 종류보다 효율적인 흡수제와 냉매를 가진 흡수식은 없다. 이 이외에 주로 유럽지역에서 많이 발달되어 사용되고 있는 것이, 냉매로서 암모니아와 흡수제로서 물을 사용하는 흡수식 냉동기이다. 이 암모니아-물 방식 흡수식 냉동기는 COP가 낮아 운전비용이 많이 듦다는 것, 운전압력이 고압이므로 고압가스 취급자격이 필요하다는 것과, 독성의 암모니아를 냉매로 사용하므로, 대량 누출시에는 큰 사고를 일으킬 수 있다는 결점을 가지고 있다. 그러나 운전유지판리상의 고장이 적어 소형화된 가정용이나 소규모용은 물-리튬브로마이드 방식에 비하여 충분한 경쟁력을 가지고 있다.

여기서는 국내에서 주로 이용되고 있는, 물-

리튬브로마이드 이용 흡수식 냉동기를 중심으로, 그 원리와 응용된 종류, 특징 및 운용법에 대하여 알아보기로 한다.

2. 흡수식 냉동기의 원리

물은 대기압하에서는 100°C 가 되면 끓으면서 증발하는 것을 우리는 잘 알고 있다. 그리고 높은 산에 올라가서 취사를 할 경우, 장시간 끓여야 하고, 그래도 밥이 설익어서 먹기 곤란한 경우를 많이 경험하였다. 또한 압력밥솥으로 취사를 하면 짧은 시간내 취사가 완료되면서 밥맛이 좋다는 것을 알고 있다. 이러한 현상들을 야기한 하나의 공통된 원인이 있는데, 그것은 물의 끓는 온도이며, 각각의 경우에 그 온도가 다르기 때문이다라는 사실이다. 즉 같은 물이지만, 일반 대기중에서는 100°C 에서 물이 증발하고, 높은 산에 올라가서 취스를 할 때에는 100°C 보다 낮은 온도에서 물이 끓으면서 증발함에 따라 쌀의 익는 속도가 느렸기 때문이고, 압력밥솥 속에서는 100°C 보다 높은 온도에서 물이 끓으면서 증발함에 따라 쌀의 익는 속도가 빨랐기 때문이다. 이 끓는 온도가 달라지는 근본원인은 각각의 경우에서 물이 끓을 때 그 주위에 형성되는 압력이 다르기 때문이다. 일반 대기중에서는 대기압이 작용하였고, 높은 산에서는 대기압보다 낮은 압력이 작용하고, 압력밥솥은 강제적으로 뚜껑을 견고하게 닫아 높음으로서 내부에 높은 압력이 형성되었기 때문이다.

이와같이 물의 끓어서 증발하는 온도는 주위의 압력에 따라서 좌우되는데, 그것을 알기쉽게 나타낸 것이 그림 1 물의 포화선도이다. 그림에서 보면, 압력이 -700mmHg g 가 되면 42°C 가 끓으면서 증발하는 온도라는 것을 알 수 있다. 이 원리에 따라서 물의 주위압력을 약 6.5mmHg a . (-753.5mmHg g)로 유지하여 주면, 5°C 에서 물이 끓으면서 증발하게 되는데, 이를 이용하여 냉방용의 냉수를 냉각시킬 수 있다. 즉 주위의 압력이 낮으면, 물도 뜨거운 냉매와 같이 냉동작용에 이용되는 냉매가 될 수 있는 것이다.(그림 2 증발기의 증발작용 참조)

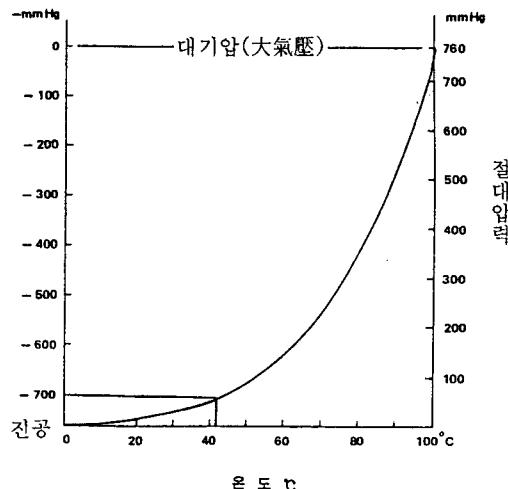


그림 1 물의 포화선도

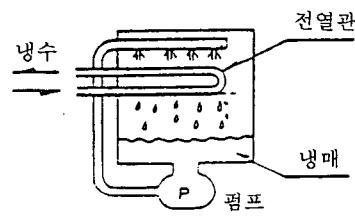


그림 2 증발기의 증발작용

압축식 냉동기에서는 증발기에서 냉매가 어느 압력하에서 증발하면, 그 냉매를 압축기가 흡인 제거하여 주는 작용에 의하여, 증발기에서는 냉매가 계속적으로 증발하면서 연속적인 냉동작용을 행한다는 사실을 알고 있다. 이때 증발기의 냉매가 압축기로 흡입될 수 있는 것은, 증발기의 압력보다 압축기 흡입행정시 실린더 내부 압력이 더 낮기 때문이다라는 것도 잘 알고 있다.

흡수식 냉동기란 압축식 냉동기와 달리, 이 증발 냉매를 흡수제를 사용하여 흡수제거시켜, 증발기에서 냉매의 증발이 계속적으로 일어나게 하여 주고, 흡수된 냉매는 고압부로 보내어 가열재생시킨 후 응축기로 보내주는 것이다. 이 압축식 냉동기와 흡수식 냉동기의 차이를 쉽게 나타낸 것이(그림 3 압축식의 사이클 다이어그램과 흡수식의 사이클 다이어그램 비교)이다.

흡수제로 사용되는 리튬브로마이드는 소금과 비슷한 성질의 높은 흡수성을 가지고 있으며,

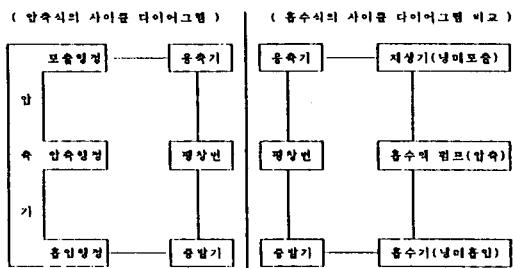


그림 3 압축식의 사이클 다이어그램과 흡수식의 사이클 다이어그램 비교

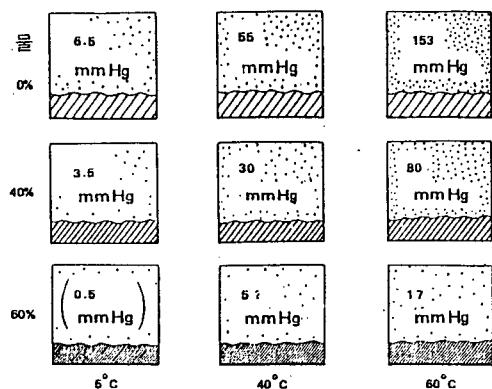


그림 4 LiBr 수용액의 온도, 농도 및 포화압력 관계

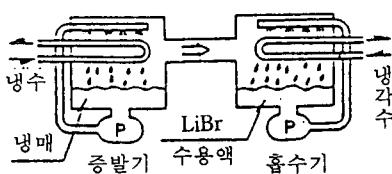


그림 5 흡수기의 흡수작용

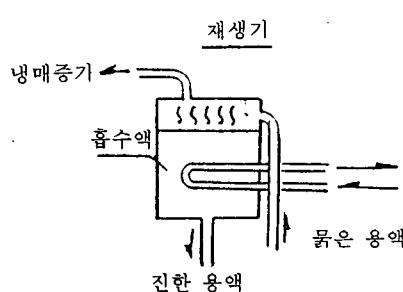


그림 6 물은 용액의 재생작용

용해도는 소금보다 뛰어나다. 리튬브로마이드의 흡수성을 잘 보여주는 것이(그림 4 LiBr 수용액의 온도, 농도 및 포화압력 관계)이다. 동일 온도에서 LiBr 수용액의 농도가 진할수록 포화 압력이 낮은 것은, 강한 흡수력을 가진 LiBr 수용액이 공간의 압력을 형성하고 있는 물분자들을 흡수하여, 공간에서 활동하고 있는 물분자의 숫자가 줄어들었기 때문이다. 수용액의 농도가 60%, 온도가 40°C에서 형성하는 압력이 5mmHg a.이다.

만일 그림 5와 같이 5°C의 물이 증발하고 있는 용기(앞으로 증발기라고 한다)와 LiBr 수용액 60%, 40°C의 용기(앞으로 흡수기라고 한다)를 서로 연결하여 두면, 증발기와 흡수기 사이에는 1.5mmHg의 압력차이가 발생하므로, 증발기의 냉매증기는 흡수기로 이동될 것이고, 이때 증발기의 압력은 포화압력 이하로 떨어지고, 흡수기의 압력은 냉매증기 유입으로 포화압력 이상으로 되게 된다. 그러면 증발기에서는 포화압력을 이루기 위하여 냉매가 계속적으로 증발하게 되며, 흡수기에서 흡수제는 냉매를 흡수하여, 포화압력으로 낮아질 때까지 활발한 흡수작용이 일어나게 된다. 이때 냉매의 증발 및 흡수제의 흡수가 활발한 정도는 증발기와 흡수기의 압력 차이의 크기가 좌우한다. 이러한 증발과 흡수가 계속적으로 이루어지면, 결국 우리가 의도하는 냉동작용이 계속 이루어지게 되는 것이다.

그런데 이 작용이 계속되게 되면, 증발기에서는 냉매의 감소, 소멸이 발생하므로, 보충을 필요로 하게 된다. 또한 흡수기에서는 수용액의 농도가 끓어져 포화압력이 상승하며, 냉매를 흡수하면서 발생하는 열(냉매의 증축잠열)에 의해서 흡수제의 온도도 상승하게 되어, 흡수기 포화압력이 증발기 포화압력보다 높아져 결국 흡수력을 상실하므로, 흡수제의 재생 농축과 냉각을 필요로 한다.

LiBr 수용액의 농도 유지 방법과 냉매의 보충은 다음과 같은 방법으로 해결된다. 즉 끓어진 흡수제는 흡수액 펌프에 의해 재생기로 보내지고, 그 곳에서 가열되면서 냉매증기를 발생시키고, 농도가 진하여져 흡수기로 되돌아가서 흡수

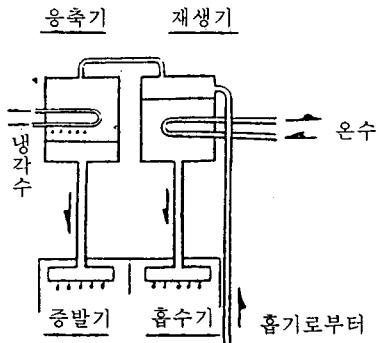


그림 7 재생된 냉매증기의 응축작용

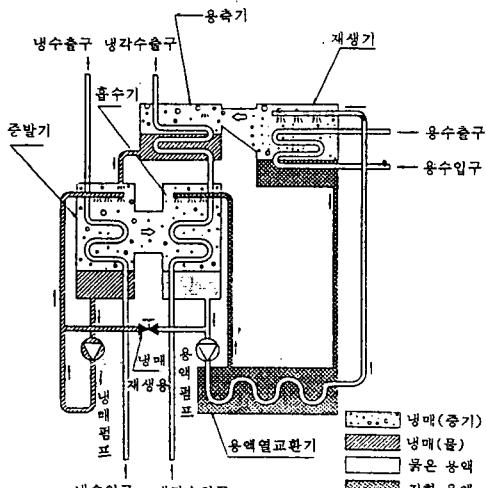


그림 8 온수 1중효용 흡수기 냉동기 사이클 계통도

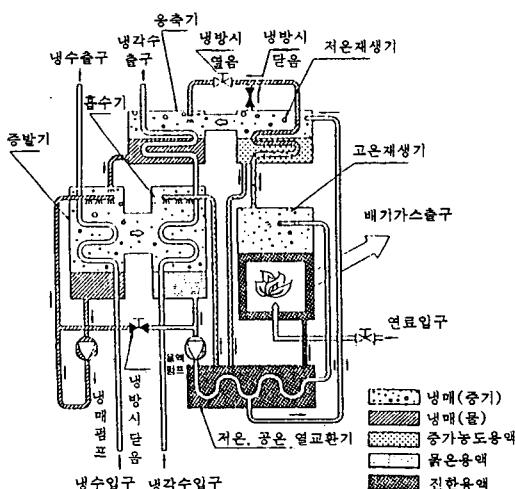


그림 9 가스 2중효용 흡수기 냉온수기 사이클 계통도

작용에 이용될 수 있게 되어, 흡수력 저하의 문제를 해결하게 한다. 또한 재생기에서 증발한 냉매증기는 재생기보다 낮은 압력으로 유지되고 있는 응축기로 이동되어, 그곳에서 냉각수에 의해 응축되어 냉매액으로 된 다음, 증발기로 환수되어 증발기에서의 냉매 감소 소멸을 해결하므로서, 연속적인 냉동작용이 일어날 수 있도록 하여 준다.(그림 6 맑은 용액의 재생작용 및 그림 7 재생된 냉매증기의 응축작용 참조)

재생기에서 재생될 때의 온도 압력 조건은 이용가능한 냉각수의 온도에 따라서 결정되지만, 냉각수의 온도는 대기의 온도에 의해 좌우되므로, 임의로 설정할 수 없다. 그래서 흡수식 냉동기를 선정하는데 있어서 가열원의 온도가 어느 정도 이상이어야 한다는 한계가 있게 되는 것이다.

이상과 같이하여 흡수식 냉동사이클이 계속되게 되며, 이를 계통도로 나타낸 것이 그림 8 온수 1중효용 흡수식 냉동기 사이클 계통도이다. 그림 8에는 위에서 설명하지 않은 용액열교환기가 표시되어 있다. 이는 흡수식 냉동기의 성적 계수를 향상시키기 위한 것으로 중요한 요소이다. 흡수기를 나온 저온의 용액을 재생기로 보내, 재생이 가능한 온도까지 가열하는데 많은 재생기의 가열원이 소요된다. 그리고 재생기에서 재생이 완료된 고온의 용액을 흡수기로 바로 투입하여, 흡수작용을 발휘할 수 있는 온도까지 냉각하기 위해서는, 많은 냉각수를 소모하게 된다. 용액 열교환기는 이들 저온의 맑은 용액과 고온의 진한용액을 서로 열교환시키는 기구로서, 결국 재생기 가열원의 소비량과 흡수기 냉각수의 소비량 감소화를 도모하여 주는, 에너지절약 장치이다.

이상과 같이 구성되는 흡수식의 냉동 사이클을 1중효용 흡수식 냉동기의 사이클이라고 한다. 그리고 가열원으로서 온수를 이용하면 온수 1중효용 흡수식 냉동기, 수증기를 사용하면 증기 1중효용 흡수식 냉동기라고 한다.

1중효용 흡수식 냉동기는 성적계수가 0.68~0.72정도로 낮다. 이 성적계수를 높여서 에너지 이용 효율을 높이기 위하여 개발된 것이, 2중효용

흡수식 냉동기이다. 이는 1중효용 흡수식 냉동기에 비하여 재생기가 1개 더 추가되어 있는데, 이를 고온재생기라고 하고, 기존의 재생기를 저온재생기라고 한다. 사이클계통은 그림 9 가스 2중효용 흡수식 냉온수기 사이클 계통도와 같다. 용액을 1/2정도 고온재생기로 보내고 나머지는 저온재생기로 보낸다. 고온재생기는 170°C 이상의 고온가열원을 이용하여 재생작업을 실시한다. 이때 고온재생기에서 발생하는 냉매증기는 약 90~95°C의 고온이므로, 이를 저온재생기를 가열하는 가열원으로 이용하는 것으로, 한번의 가열로서 재생작업에 두번 가열원으로 이용하므로

에너지 이용효율을 높일 수 있다. 이 경우 1중효용식에 비하여, 에너지소비량을 약 40% 정도 줄일 수 있게 된다. 따라서 성적계수도 1.0~1.2정도로 높아지게 된다.

3. 흡수식 냉동기의 종류

흡수식 냉동기는 사이클의 종류, 가열원의 종류 등에 따라서 다음과 같이 여러종류로 나누어진다.(표 1 흡수식의 분류 및 표 2 흡수식 사이클의 응용 참조)

표 1 흡수식의 분류

구 분	취출열원	가 열 원		흡 수 식 명 칭	
		종별	사 양		
흡수식 냉동기	냉 수 전 용	증 기	저압증기($0.5\sim 1.5\text{kg}/\text{cm}^2$)	1중효용 증기 흡수식 냉동기	
			중고압증기($2\sim 8\text{kg}/\text{cm}^2$)	2중효용 증기 흡수식 냉동기	
		온 수	저온수($70\sim 95^\circ\text{C}$)	1중효용 저온수 흡수식 냉동기	
			고온수($110\sim 150^\circ\text{C}$)	1중효용 고온수 흡수식 냉동기	
			고온수($180\sim 200^\circ\text{C}$)	2중효용 고온수 흡수식 냉동기	
		직화연료 오일연료 폐가스	가스연료(도시가스, LNG, LPG)	1중효용 가스 흡수식 냉온수기 2중효용 가스 흡수식 냉온수기 공기열교환기 부착 가스 흡수식 냉온수기	
흡수식 냉온수기	냉온수 병 용		오일연료(등유, 경유, A중유)	1중효용 오일 흡수식 냉온수기 2중효용 오일 흡수식 냉온수기	
			폐가스($300\sim 800^\circ\text{C}$)	1중효용 폐가스 흡수식 냉온수기 2중효용 폐가스 흡수식 냉온수기	
			폐온수(70°C 이상)	가열원 종별의 온수 항목 참조	
			폐증기($0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상)	가열원 종별의 증기 항목 참조	
	태양열	온 수($70\sim 95^\circ\text{C}$)	가열원 종별의 온수 항목 참조		
		온수+보조증기 ($70\sim 95^\circ\text{C} + 2\sim 8\text{kg}/\text{cm}^2$)	태양열 이용 1중, 2중 조합형 1중효용 증기 흡수식 냉동기		
		온수+직화연료 ($70\sim 95^\circ\text{C} + \text{도시가스, 등유, 경유, A중유}$)	태양열이용 가스 흡수식 냉온수기 태양열이용 오일 흡수식 냉온수기		
흡수식 냉온수기		냉온수 병 용			

표 2 흡수식 사이클의 응용

기 종	사이클	주 기 능	가 열 원
흡수식 냉동기	1중효용	냉수 제조	*증기
	2중효용	*4~10°C 냉수	*온수(고온수, 저온수)
흡수식 냉온수기	1중효용	냉수 및 온수 제조 *4~10°C 냉수	*연료(도시가스, LPG, 등유, 경유, A중유)
	2중효용	*40~80°C 온수	*공장 배기ガ스
흡수식 히트 펌프	온수발생 제1종 흡수식 히트펌프	온수 제조 *40~80°C 온수	*연료 직화식 *증기
	2중효용	온수 제조 *45°C 이하의 온수	*연료 직화식 (흡수식 냉온수기 겸용)
	증기발생 제2종 흡수식 히트펌프	증기 또는 온수 제조 *140°C 이하의 증기 또는 온수	*폐온수 *폐증기

4. 흡수식 냉동기의 특징

4.1 장 점

1) 운전 비용이 저렴하다.

공조용 전력단가에 비해 가스나 오일의 에너지 단가가 낮기 때문에, 운전비를 절감시킬 수 있다.

2) 용량제어의 범위가 넓어, 100~25% 범위에 걸쳐서 비례적인 용량제어가 가능하다.

3) 부분부하 운전특성이 좋다.

흡수식 부분부하에서의 운전특성이 특히 좋아서, 공조용 운전시간의 대부분이 50~70% 정도의 부분부하인 국내의 조건에서는, 운전비용의 절감효과가 뛰어나다. 비슷한 용량의 터이보 냉동기를 사용할 경우, 계약전력에 기초한 정액요금의 비율이 커지게 되므로, 전기단가가 상승하여 결국 운전비용이 증가하게 된다.(그림 10 냉동부하와 입력과의 관계)

4) 부하변동에 대한 추종성이 좋다.

그림 11 부하변동 제어 특성 예는 냉수출구 온도를 7°C에 설정했을 때, 가스흡수식 냉온수기의 부하변동제어의 특성을 나타내고 있다. 즉 냉수입구온도를 변화시킨 경우, 냉수출구온도의 변화상태를 나타낸 것이다.

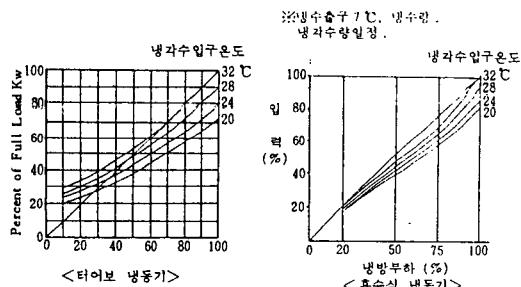


그림 10 냉동부하와 입력과의 관계

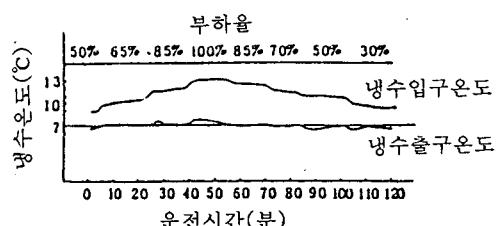


그림 11 부하변동 제어 특성 예

이처럼 일반 공조의 부하변동에 대하여 우수한 추종성을 가지고 있다.

5) 소음이 80dB 이하, 진동은 2μ 이하이므로, 다른 기종에 비하여 진동 소음이 극히 작다.

6) 보수관리가 용이하다.

습동부분이 적고 회전체도 작아서, 마모품 소모품이 적다.

- 7) 진공상태에서 운전되므로, 취급에 자격이 불필요하다.
- 8) 수변전설비비가 적게 소요된다.
- 9) 리튬브로마이드 수용액과 물을 흡수제와 냉매로 사용하므로, CFC 냉매와 같은 오존층 파괴의 위협이 없다.

4.2 단 점

- 1) 소형일수록 기기 자체의 설치면적과 중량의 점에서 타 기종에 비해 열세하다.
- 2) 필요 천정높이가 높다.
- 3) 용액의 부식성이 크므로, 기밀성의 관리와 부식억제제의 보충에 엄격한 주의를 요한다.
- 4) 초기기동시 정격 성능 발휘점까지의 도달 속도가 10~30분 정도로 느린다.
- 5) 냉동기의 성적계수가 낮다.

1중 효용식 흡수식 냉동기(냉온수기)

= 약 0.68~0.72)

2중 효용식 흡수식 냉동기(냉온수기)

= 약 1.0~1.2

압축식 냉동기= 약 3~4

그러나 발전소에서 연소되는 연료를 기준하여 전기 이용 압축식 냉동기의 성적계수를 고려한다면, 발전소에서의 발전효율과 송전효율 등에 의한 손실로 인해, 전기식의 성적계수는 1.2~1.4 정도이므로, 성적계수의 차이는 전체적으로 볼 때 작은 것이다.

- 6) 보일러 및 냉동기에서의 발열량이 많아 기계실의 온도가 높아지고, 또 연소용 공기의 공급이 필요하므로, 기계실 급배기의 풍량을 크게 하여야 한다.

5. 흡수식 냉온수기의 특징

흡수식 냉온수기의 장단점은 흡수식 냉동기와 거의 동일하지만, 다음 사항이 특이하다.

- 1) 설치면적이 작다.

냉동기만으로서의 설치면적은 크지만, 타 기종의 선정시는 보일러 등의 난방기기의 설치면적을 필요로 하므로, 냉난방 기기 전체가 차지

하는 설치면적은 줄어든다. 터보 냉동기 혹은 흡수식 냉동기와 보일러를 사용하는 경우에 비하여 냉온수기를 설치할 경우, 설치면적은 약 60% 정도로 절약되므로, 공간의 활용도를 높여준다.

- 2) 취급자의 자격이 전혀 불필요하다.

냉난방 공히 진공상태에서 운전되므로, 취급의 자격이 불필요하다. 고압의 보일러를 이용하여 운전하는 다른 방식에서는 보일러의 취급 자격자가 필요하여, 인건비가 상승한다.

- 3) 배관설비공사가 간단하다.

냉온수배관이 공용으로 되고, AHU 등 공조기의 냉온수 코일이 공용으로 되므로, 설비가 간단해지고 설비비가 절약된다.

- 4) 냉온수 동시공급형도 가능하다.

온수용 열교환기를 별도로 설치하는 경우, 냉방증 일부난방이나 난방시 일부 냉방의 부하조건을 만족시키는 시스템의 구성도 가능하다.

- 5) 운전비용이 저렴하다.

2중효용 가스 흡수식 냉온수기에 비하여 터보 냉동기와 가스보일러를 사용할 경우, 년간 운전비용은 50~70% 정도가 많이 들게 된다.

- 6) 설치비용이 저렴하다.

2중효용 가스 흡수식 냉온수기에 비하여 터보 냉동기와 가스보일러를 설치할 경우, 초기 설치비는 약 5~10% 정도 더 들게 된다.

7) 냉온수기에서는 베너가 부착되므로, 보수 관리항목이 늘어난다.

6. 흡수식 기기의 설비시 유의사항

- 1) 냉각탑의 선정시에 유의하여야 한다.

흡수식 기기들은 압축식 냉동기들에 비하여, 상대적으로 큰 냉각탑을 선정하여야 한다. 그 이유는 압축식 기기의 경우, 3024Kcal/h의 냉각 능력을 발휘하기 위하여 약 900Kcal/h에 해당하는 에너지가 압축기의 동력으로 소모되는데 비해, 흡수식 기기에서는 1중효용식의 경우는 약 4200~4400Kcal/h의 에너지가, 2중효용식의 경우는 2600~3000Kcal/h 정도의 에너지가 소모되기 때문이다. 즉, 냉각탑으로 버려지는 열량은

압축식의 경우 약 3900Kcal/h이며, 1중효용 흡수식의 경우는 약 7200~7400Kcal/h이며, 2중효용 흡수식의 경우는 약 5600~6000Kcal/h이다. 따라서 흡수식 기기에서는 냉각수의 소요량도 많다. 정확한 냉각탑 용량을 선정하는 방법은 흡수식 기기의 사양서에 나와 있는 냉각수의 입출구 온도와 유량을 가지고, 냉각탑 용량선정 표에서 적정 모델을 선택하는 것이다. 냉각수 온도가 1°C정도 더 높아지거나 낮아짐에 따라서, 흡수식 기기들의 용량이 약 2.5~5%정도 증감하게 되므로, 냉각탑의 용량은 가능한 한 여유 있는 크기로 선정하는 것이 운전비용을 줄이는 방법이다.

2) 고온수용 흡수식 냉온수기는 냉방부하 대비 난방부하가 특히 큰 경우에 선정할 필요가 있다.

국내에서는 흡수식 냉온수기가 보급되기 전에는, 주로 80°C의 온수나 증기 등의 비교적 높은 온도를 사용하여 난방을 행하여 왔다. 그런데 흡수식 냉온수기가 보급되면서 60°C라는 온도가 표준난방온도가 됨에 따라서, 일부에서는 난방에의 적합여부를 가지고 많은 논란을 일으켰다. 그러나 실제에 있어서는 냉방부하 대비 난방부하의 상대적 크기, 냉온수 공용코일을 사용하는 공조기의 경우에 있어서 냉수 온수별 부하처리능력 등을 감안하여 보면, 냉방부하 대비 난방부하의 비율이 1.4배 이하인 경우는, 온수온도 60°C로서 충분히 난방이 가능하다. 난방부하의 비율이 1.4배 이상일 경우에는, 공조기의 용량증대에 따른 추가비용증가를 막고, 운전비용의 증가를 막기 위해서도 온수 온도를 높일 필요가 있다. 흡수식 냉온수기에서 얻을 수 있는 최고온수온도는 80°C이다.

3) 난방운전시 초기예열부하 처리를 위한 대책을 실시하여야 한다.

고려하여야 할 또하나의 중요한 요소는 난방능력으로서, 난방초기의 예열부하가 큰데 비하여 온수온도가 낮아서, 실내온도의 상승에 많은 시간이 소요된다는 것이다. 종래에 보일러를 사용한 경우에 보일러 용량 선정시 예열부하가 큰 것을 고려하여, 실제 난방부하의 1.5배 정도인 큰

보일러를 선정 사용하였다. 따라서 이때에는 초기기동시 실내온도의 상승을 빠르게 할 수 있었다. 그런데 흡수식 냉온수기를 사용하면서, 냉난방 겸용기의 특성상 어느 한 부분의 용량을 특히 크게 할 수 없다. 따라서 대부분의 냉온수기 제품은 냉난방 능력이 1:1로 되어 있으며, 수요가 주문에 따라서 1:1.3 정도까지의 난방용량 증대형으로 제작되고 있다. 1:1 비율의 제품을 사용할 경우는 초기기동시 예열부하 때문에 실내온도 상승에는 많은 시간이 걸리게 된다. 따라서 이 경우에는 초기 기기 운전개시시간을 앞당겨서 실시하거나, 보조의 열원 즉 소형 보일러를 사용하거나 할 필요가 있다. 이 소형 보일러는 초기기동시 예열부하처리 보조용으로 사용하고, 주간에는 급탕용으로 사용하면 그 활용도를 높일 수 있다. 이 소형 보일러도 진공식을 사용하며, 진공의 흡수식 기기를 사용하는 장점을 최대한 이용하는 방법이 될 것이다. 또한 운전기법의 하나로 초기예열운전시에는 신선외기도입을 정지하고, 실내온도가 적정온도에 도달한 후부터 신선외기도입을 개시하는 것도, 초기예열운전부하와 그에 대응하는 시간을 줄이는 방법이므로, 적극적으로 도입하여야 하겠다.

4) 기계실의 급배기량을 충분히 확보하여야 한다.

연료를 직접 연소하는 가스 흡수식 냉온수기 또는 오일 흡수식 냉온수기에서의 버너는 연소에 필요한 공기를 기계실에서 흡입하도록 되어 있는 것으로, 기계실의 환기에는 냉온수기에 필요한 공기량을 고려하여 결정하도록 되어 있다. 즉 기계실의 급기행의 용량은 기계실의 환기량과 연소에 필요한 공기량을 고려하여 결정하도록 해야 한다.

$$\text{기계실의 급기량} = \text{환기량} + \text{연소 필요공기량}.$$

연소 공기량은 기종에 따라서 변수는 있겠지만,大概치는 아래의 표와 같다.

일반의 기계 및 전기 설비실($15m^2$ 이상)에 대한 필요 환기량은, 바닥면적 $1m^2$ 당 $10m^3/h$ 이다 (HASS 102 기준).

표 3 연소 필요 공기량(공기비 1.2인 경우)

가스 종류	고위 발열량	연소 공기량
13A	11,000Kcal/Nm ³	13.2Nm ³ /Nm ³
13A	15,000Kcal/Nm ³	17.2Nm ³ /Nm ³

급배기의 균형이 적절히 이루어지지 않으면, 기계실이 마이너스 압력으로 되어, 베너핸의 용량이 감소하고, 공기량의 부족에 따른 불완전 연소의 위험이 있으므로, 주의를 요한다. 공기 흡입구가 막히는 일이 없도록 정기적으로 점검하여야 한다. 또 연도부에서 기계실내로 배기가스가 누설되어 나오지 않도록 점검할 필요가 있다.

5) 냉각수의 온도관리에 유의하여야 한다.

압축시 냉동기에서와 마찬가지로 흡수식 냉동기나 냉온수기에서도, 냉각수 온도가 낮으면 낮을수록 운전효율 즉 COP가 좋아진다. 이를 그래프로 나타내어 알기 쉽도록 되어 있는 것이 그림 10의 곡선이다. 냉각수 입구온도가 32°C인 경우에 대비하여 21°C일 경우는 동일한 냉동능력을 발휘하기 위하여 약 80%의 연료만 소비하면 된다는 것을 알 수 있다.

냉각수 온도가 20°C 이하로 지나치게 낮아지면, 용액이 굳어져 고체화되는 결정사고를 일으킬 수 있으므로, 항상 최저 20°C 이상으로는 유지하여야 한다. 따라서 여름철 이외의 중간기에도 흡수식 기기를 사용하여야 할 경우는 반드시 냉각수 온도제어장치를 설치 운용하여야 한다. 온도제어장치의 종류는 아래의 4가지가 있다.

- ① 냉각탑 햄의 ON-OFF에 의한 냉각수 온도 조절.
- ② 2방향 밸브에 의한 냉각수 온도조절.
- ③ 3방향 밸브에 의한 냉각수 온도조절.
- ④ 인버터에 의한 냉각탑 햄의 회전수 제어에 의한 냉각수 온도조절.

여름철 공조 전용의 경우는 ①항의 냉각탑 햄의 ON-OFF에 의한 냉각수 온도조절만으로 충분하다. 그런, 중간기에도 사용할 경우는 ②, ③ 및 ④의 방법을 채택하여야, 안정된 냉동기 운전이 가능하다.

6) 연도 연돌의 설비에 유의하여야 한다.

냉온수 유니트의 효율을 증대시키고, 안전한 운전을 하기 위하여서는 연도 연돌계통의 시공시에도 주의를 하여야 한다.

- ① 연돌 출구는 냉각탑으로부터 충분히 떨어지게 설치하여, 냉각탑으로 연돌의 배기가 스가 유입되지 않게 할 것. 유입될 경우 냉각수 계통이 급속히 오염되어 부식에 의한 사고를 일으키게 됨.
- ② 고온재생기의 연도접속부에서의 배암이 0~ -5mmAq가 되도록 연도를 설치할 것. 배암이 적당하지 않은 경우는 연소가 불안정하게 되고 열손실이 증가하므로, 통풍력 조절기를 설치할 것.
- ③ 연도 연돌은 기계실의 온도상승, 화상입는 사고, 통풍력 효과의 저하 등을 방지하기 위하여, 두께 50mm 정도의 로크울로서 보온하고, 아연도 강판 등으로 외장 처리할 것.
- ④ 배기가스 연도의 내열설계는 안전을 위하여, 약 350°C 정도로 설계할 것.
- ⑤ 연도는 가능한 한 짧게 설치할 것.
- ⑥ 연돌에는 드레인 밸브를 설치할 것.
- ⑦ 고온재생기 접속부에는 배기가스온도계, 통풍력 측정 등을 위한 소켓, 연도 점검구, 드레인 밸브를 설치할 것.
- ⑧ 연도 연돌이 벽, 천정 등을 관통하는 경우는 내화구조로 시공할 것.
- ⑨ 연도에는 로브, 지지대 등을 설치하여 방진 대책을 강구하고, 연도의 하중이 냉온수기에 걸리지 않도록 할 것.
- ⑩ 기타는 건축설비 관계법규에 적합하도록 시공할 것.

7. 흡수식 기기의 운용법

1) 진공관리

흡수식 냉동기의 운전시 기내 압력은 2중효용형의 경우, 고온재생기부는 600mmHG a. 전후의, 저온재생기와 증축기부는 50mmHg a. 전후의, 증발기와 흡수기부는 5~8mmHg a. 정도의 진공상태 압력을 형성한다. 또한 정지시에는 냉동기의 내부전체가 29mmHg a. 전후의 진공상태로 된다.

이것은 터어보 냉동기 등의 기기 내부압력과 비교하면, 극히 진공상태라는 것을 알 수 있다. 만일 불용축가스가 냉동기 내부에 존재하면, 그 분압만큼만 기내의 압력은 상승하지만, 고진공 상태일수록 그의 성능에 대한 영향은 크며, 그 상태로 방치하면 성능저하와 불용축가스량 증가와 같은 악순환을 일으키게 된다. 따라서 흡수식 기기의 운용에 있어서 가장 중요한 것은 진공관리로서, 수시로 누설여부를 확인하고, 누설개소를 찾아서 보완조치하여야 한다.

불용축가스가 성능에 미치는 영향을 연구한 것이, 아래의 그림 12 불용축가스량과 냉동용량의 관계인데, 그 영향이 명확하게 잘 나타나고 있다.

$$SN = \frac{gN}{gN+gW} \times 100\%$$

위의 식에서

gN =증발기, 흡수기 내의 질소량 g

gW =흡수기, 증발기 내의 수증기량 g

냉동능력 $1.95 \times 10^6 \text{Kcal/h}$ 의 냉동기에 증량 30g ($SN=9.5\%$)의 질소가스가 혼입된 것만으로도, 냉동 능력은 약 반 정도로 감소한다.

2) 용액관리

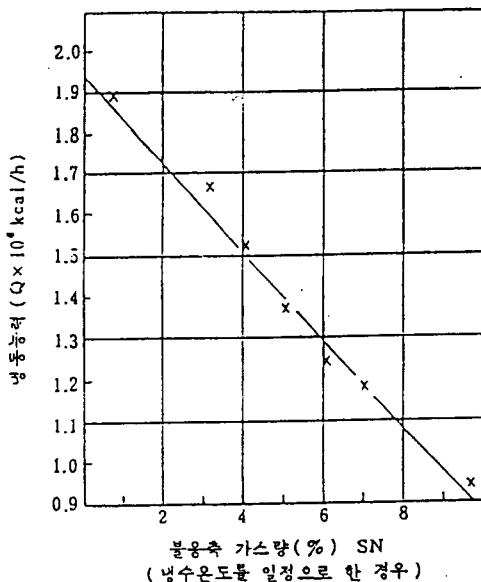


그림 12 불용축 가스량과 냉동용량의 관계

LiBr 수용액은 냄새, 자극성, 발화성, 폭발성이 없고, 화학적으로 안정하며, 장시간 사용하여도 전혀 노화하지 않는 반영구적인 것이다. 그리고 부식성이 강하므로 함부로 아무곳이나 버려서는 아니된다. 따라서 용액을 취급할 때에는 손실을 최소화 하고, 반드시 회수하여 재사용하도록 하여야 한다. 용액의 취급시에는 특히 다음과 같은 요령이어야 한다.

- ① 부품, 공구에 묻었을 때는 즉시 물로 세척하고, 녹방지 기름칠을 할 것.
- ② 값이 비싸고 부식성이 강하므로, 취급시 손실을 최소화할 것.
- ③ 부식 생성물(Fe_3O_4 , CuO 등)에 의한 오염이 심할 경우는, 시료를 채취하여 분석하여 그 상태를 파악한 후, 메이커와 협의하여 재생 및 폐기여부를 결정할 것.
- ④ 추출하여 공기중에 방치하면, 공기중의 탄산가스와 반응하여 탄산리튬(Li_4CO_3) 침전물을 형성하므로, 반드시 밀봉용기에 보관할 것.
- ⑤ 비중확인을 위하여 운전중에 채취한 용액 샘플은 반드시 밀폐용기에 보관할 것.
- ⑥ 용액을 취급시는 고무장갑을 착용하고, 피부 접촉시는 비눗물로 세척할 것.
- ⑦ 녹과 같은 침전물이 발생하여 용액의 빛깔이 변한 경우는, 전용액을 추출하여 1~2일 방치한 후, 상부에 고인 용액만 투입할 것.

3) 부식억제제

부식억제제는 철(Fe)의 표면에 Fe_3O_4 또는 초산화물계의 강고한 산화피막을 형성하여 부식을 방지하는 역할을 한다. 특히 LiBr 수용액은 부식성이 강하고, 누설에 의하여 외부공기가 유입될 경우, 강한 부식성을 나타내므로, 부식억제제의 관리를 철저히 하여야 한다. 그리고 부식억제제는 소모되므로, 부족하지 않도록 보충하여야 하며, 부식억제제의 소모속도가 빠른 경우는 외부공기가 유입되는 것이 많기 때문이므로, 누설시험을 실시하여 조치하여야 한다.

4) 계면활성제의 보충

계면활성제는 LiBr 수용액의 표면장력을 약화시켜, 흡수기 전열관에서 용액이 균일하게 젖도록

하여 전열성능을 촉진시킨다. 또한 응축기에서도 냉매의 표면장력을 약화시켜, 응축된 냉매가 빨리 전열관에서 흘러내리도록 하여 응축전열성능을 향상시킨다.

계면활성제는 노말옥틸알콜이나 2-에틸헥실알콜 등이 주로 사용되는데, 진공추기 작업시 기외로 방출되어 없어지므로, 재보충을 하여야 한다. 재보충의 시기는 진공펌프의 운전기간의 합계를 기준하는 방법과, 다른 특별한 이유없이 냉동능력이 저하하는 시기에 실시하는 방법 등이 있다.

5) 올바른 운전순서

흡수식 기기 그중에서도 가스버너가 부착된 흡수식 냉온수기를 기준으로, 운전정지의 올바른 운전순서는 아래와 같다.

① 기준

조작은 냉온수기의 조작반에서 행한다.

부대설비 즉 냉수펌프, 냉각수 펌프, 냉각탑 등은 반드시 연동시켜, 기동-정지 제어를 하여야 한다.

② 운전전의 준비와 확인

가스누설에 의한 냄새는 없는가?

배기댐퍼는 열려있는가?

진공도는 양호한가?

조작반의 스위치는 정상대로인가?

가스메인밸브를 열면 운전준비는 완료이다.

③ 운전조작

냉온수기 기동 스위치를 조작한다.

공조기를 운전하여, 냉방 또는 난방을 시작한다.

④ 정지 조작

냉온수기 정지스위치를 조작한다.

가스메인밸브를 닫는다.

공조기를 정지한다.

전원을 OFF한다.

⑤ 정지후의 확인

가스메인밸브는 닫혀져 있는가?

전원은 OFF 되었는가?

가스냄새는 없는가?

⑥ 운전일지의 기록과 확인

일일운전기록을 정리 보관함에 따라서, 평소 기계가 정상상태인가를 확인할 수 있으며, 이상 시에는 원인 진단을 조기에 할 수 있는 자료가 되며, 운전시간경과에 따른 기계의 성능저하를 판단하는데에도 이용할 수 있다. 따라서 가능한 한 2시간 간격으로 운전일지기록을 실시하여야 한다.

8. 결 언

흡수식 원리 이용 기기들은 많은 장점을 가지고 있어, 현재 그 사용범위가 급속도로 확대되고 있다. 그리고 이러한 추세는 당분간 지속되리라고 판단되고 있다.

가장 큰 관리포인트이며 기기의 수명을 좌우하는 것이기도 하는, 공기유입에 의한 부식을 막기 위하여서 메이커와 수요자가 공동으로 노력하여 해결된다면, 흡수식 기기는 더없이 좋은 제품이 될 것이다. 메이커는 제조과정에서 완전하고 누설없는 구조로 제작하고, 사용자는 올바른 운전요령과 진공관리, 부식억제제관리, 계면활성제 관리 등을 확실하게 실시하도록 노력하여야 한다.